

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

«На правах рукопису»

УДК 62-1/-9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Гондляр О.В.

«_____» _____ 2019р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

на тему: «Млин мокрого самоподрибнення «Гідрофол» з модернізацією робочої камери»

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛП-82мп Гломозда Олександр Вікторович

Науковий керівник доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю.

Консультант (модернізація) проф. Щербина В.Ю.

Консультант (монтаж та експлуатації) ст. викл. Борщик С.О.

Рецензент

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент

Київ 2019 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.В.Гондлях
«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Гломозді Олександр Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Млин мокрого самоподрібнення «Гідрофол» з модернізацією робочої камери.

Науковий керівник дисертації Щербина Валерій Юрійович, д.т.н.,
затверджений наказом по університету від «01» 11 2019 р. № 3807-с

2. Строк подання студентом дисертації 16.12.2019 р.

3. Об'єкт дослідження: барабанні машини для подрібнювання сировинних матеріалів.

4. Предмет дослідження холодильник колосниковий. (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): продуктивність Продуктивність – 128, т/год; внутрішній діаметр барабана – $D = 7000$, мм; Внутрішня довжина циліндричної частини барабана, $L_b = 2300$, мм; Внутрішній діаметр завантажувальної цапфи, $d = 2400$, мм; коефіцієнт заповнення - $\phi = 0,45$; товщина стінки розвантажувальної цапфи, $h = 0,2$, м; Відстань між осями підшипників, $L = 5100$ мм; Маса, - 395 т.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Магістерська дисертація включає такі розділи: Зміст, Вступ, Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії, Технічні характеристики базової машини, Літературно-патентний огляд стану питання, Обґрунтування вибору варіанту вдосконалення робочої камери, Розрахунки, Моделювання вузла робочої камери млина мокрого самоподрібнення, Охорона праці, Технологія монтажу та експлуатації, Стартап-проект, Висновки, Перелік посилань, Додатки. .

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Млин Гідрофол з модернізацією розвантажувального пристрою - 1 лист, А1; Установка приводної

шестерні - 1 лист, А1; Підшипник опорний - 1 лист, А1 Барабан (базовий) - 1 лист, А1; Барабан (модернізований) – 1 лист, А1; Побудова модернізованої конструкції млина - 1 лист, А1; Побудова базової конструкції млина - 1 лист, А1; Розрахунок базової конструкції млина - 1 лист, А1; Розрахунок модернізованої конструкції млина - 1 лист, А1 Тестування та виконання програми для креслення деталі - 1 лист, А1; Уведення та корегування даних програми для креслення деталі - 1 лист, А1, Млин мокрого сапоподрібнення "Гідрофол" - 1 лист, А1

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези до збірника доповідей IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. Ст. 64-65 «Автоматизована система для проектування деталей млина самоподрібнення «ГІДРОФОЛ»»; Патент на корисну модель № 126087. Патент опубліковано 11.06.2018, бюл. № 11/2018 Номер заявки u201906972(Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гломозда О.В.)

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст.викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., д.т.н.		
Перевірка на оригінальність	Щербина В.Ю., д.т.н.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ	28.10.19	
2	Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії. Технічні характеристики базової машини.	10.11.19	
3	Літературно-патентний огляд стану питання	21.11.19	

4	Обґрунтування вибору варіанту вдосконалення робочої камери	28.11.19	
5	Розрахунки	5.12.19	
6	Моделювання вузла робочої камери млина мокрого самоподрібнення	8.12.19	
7	Охорона праці	12.11.19	
8	Монтаж та експлуатація	15.11.19	
9	Стартап-проект	22.11.19	
10	Оформлення ПЗ	04.12-10.12.19	
11	Оформлення креслень	05.11-10.12.19	

Студент

(підпис)

Гломозда О.В.

Керівник дисертації

(підпис)

Щербина В.Ю.

РЕФЕРАТ

Розроблено магістерську дисертацію на тему «млин мокрого самоподрібнення «Гідрофол» з модернізацією робочої камери».

Метою дисертації є модернізація вузла робочої камери де відбувається подрібнення матеріалу. Магістерська дисертація вміщує «Пояснювальну записку», що складається з 8 розділів. Загальний обсяг магістерської дисертації становить: . с., рис., табл., джерел та креслень

Дисертація містить призначення та галузь застосування млина мокрого самоподрібнення. У роботі надано технічні характеристики, розглянуто базову конструкцію та описано основні вузли млина мокрого самоподрібнення,, виконані параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність базової конструкції млина мокрого самоподрібнення. Розроблено програму для автоматизованого проектування деталі кришки робочої камери млина на функціональній мові «AutoLISP».

В дисертації було виконано літературний пошук недоліків базової конструкції. Зроблено патентний пошук конструкцій млина самоподрібнення з метою обрання варіанту модернізації робочої камери. Було розроблено нове конструктивне виконання робочої камери млина мокрого самоподрібнення, яке полягає у тому, що внутрішні поверхні стінок кільцевої камери виконані зі скосом в напрямку руху подрібненого матеріалу, а її зовнішня стінка обернена до камери помелу і виконана співвісно з віссю млина.

Також у магістерській дисертації розглянуто відповідність розробленої конструкції машини вимогам охорони праці, виконано розробку стартап проекту та розділ монтажу та експлуатації млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол».

Ключові слова: МЛИН МОКРОГО САПОПОДРІБНЕННЯ, ГІДРОФОЛ, ММС, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, РОБОЧА КАМЕРА, УСТАНОВКА ПРИВОДНОЇ ШЕСТЕРНІ,

РЕФЕРАТ

Разработана магистерская диссертация на тему «мельница мокрого самоподриблення« гидрофол »с модернизацией рабочей камеры».

Целью диссертации является модернизация узла рабочей камеры где происходит измельчение материала. Магистерская диссертация содержит «пояснительную записку», состоящий из 8 разделов. Общий объем магистерской диссертации составляет: . С., рис., табл., источников и чертежей

Диссертация содержит назначение и область применения мельницы мокрого самоизмельчения. В работе предоставлено технические характеристики, рассмотрены базовую конструкцию и описаны основные узлы мельницы мокрого самоизмельчения ,, выполнены параметрические, кинематические и прочностные, подтверждающие работоспособность базовой конструкции мельницы мокрого самоизмельчения. Разработана программа для автоматизированного проектирования детали крышки рабочей камеры мельницы на функциональный языке «autolisp».

В диссертации были выполнены литературный поиск недостатков базовой конструкции. Сделано патентный поиск конструкций мельницы самоизмельчения с целью избрания варианта модернизации рабочей камеры. Было разработано новое конструктивное исполнение рабочей камеры мельницы мокрого самоизмельчения, которое заключается в том, что внутренние поверхности стенок кольцевой камеры выполнены со скосом в направлении движения измельченного материала, а ее внешняя стенка обращена к камере помола и выполнена соосно с осью мельницы.

Также в магистерской диссертации рассмотрено соответствие разработанной конструкции машины требованиям охраны труда, выполнена разработка стартап проекта и раздел монтажа и эксплуатации мельницы мокрого самоизмельчения «гидрофол».

Ключевые слова: мельница мокрого сапоподрибнення, гидрофол, ммс, модернизация, расчеты, рабочая камера, установка приводной шестерни, реферат

ABSTRACT

Master's thesis on the topic "Wet self-grinding mill" Hydrofol with modernization of the working chamber "has been developed.

The aim of the dissertation is to modernize the assembly of the working chamber where the material is ground. The Master's Thesis contains an "Explanatory Note" consisting of 8 sections. The total volume of the master's thesis is: S., Fig., Table., sources and drawings

The dissertation contains the purpose and scope of the wet self-grinding mill. The technical characteristics are given in the paper, the basic design is considered and the basic units of the wet self-grinding mill are described, parametric, kinematic and strength calculations are performed, which confirm the operability of the basic structure of the wet self-grinding mill. The program for the automated design of the detail of the cover of the working chamber of the mill in the functional language "AutoLISP".

In the dissertation a literary search for the disadvantages of the basic design was performed. A patent search of self-shredding mill designs was made in order to select a working chamber upgrade option. A new structural implementation of the working chamber of the wet self-grinding mill was developed, which consists in the fact that the inner surfaces of the walls of the annular chamber are made with a bevel in the direction of movement of the crushed material, and its outer wall is turned to the grinding chamber and made coaxially with the axis of the mill.

Also in the master's thesis the conformity of the developed machine design with the requirements of labor protection is considered, the development of the startup project and the section of installation and operation of the hydro-grinding mill of wet self-grinding are performed.

Keywords: WET MILLING MILL, HYDROPHOLE, MMC, MODERNIZATION, CALCULATIONS, WORKING CAMERA, INSTALLATION OF DRIVE GEAR

Перелік позначень

D –	діаметр барабана,	м;
V_6 –	об'єм барабана,	м ³ ;
n_6 –	число обертів барабана,	об/хв;
L_6 –	внутрішня довжина циліндричної частини барабана,	м;
φ –	коефіцієнт заповнення;	
γ_n –	об'ємна вага пульпи,	кг/м ³ ;
$N_{дв}$ –	потужність двигуна,	кВт;
γ_p –	об'ємна насипна вага руди,	кг/м ³ ;
α_t –	коефіцієнт лінійного розширення;	
E –	модуль пружності,	Н/м ² ;
Q –	навантаження на стиск ,	Н;
$M_{зг}$ –	згинальний момент,	Н·м;
$M_{кр}$ –	крутний момент,	Н·м;
F –	площа перетину стрижня,	м ² ;
h –	висота головки болта,	м;
f_6 –	площа одного болта,	м ²
η_p –	К.К.Д редуктора;	
η_{zn} –	К.К.Д зубчатої передачі;	
η_m –	К.К.Д муфти;	
L –	розрахункова довговічність,	год;
$B_{отн}$ –	відносна ширина зубчастого вінця,	мм;
P –	зусилля,	Н;

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 ОПИС МЛИНА, ЙОГО ОСНОВНИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИПУ ДІЇ	14
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА	22
3 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД	23
3.1 Літературний огляд	23
3.2 Патентний огляд.....	24
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОЇ КАМЕРИ	31
5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ	34
5.1 Параметричний розрахунок	34
5.2 Кінематичні розрахунки.....	36
5.2.1 Визначення основних розмірів циліндричних передач редуктора Ц2ш-1250.....	36
5.2.2 Визначення зусиль у зачепленні зубчастих пар редуктора Ц2ш-1250	39
5.3 Розрахунки на міцність.....	40
5.3.1 Розрахунок корінних підшипників	41
5.3.2 Визначення максимального згинального моменту, що діє в перетині млина.....	44
5.3.3 Розрахунок болтового з'єднання цапфи з торцевою стінкою.....	46
5.3.4 Розрахунок пружної муфти.....	51
5.3.5 Розрахунок на міцність цапфи.....	53
5.3.6 Теплові розрахунки.....	54
5.4 Автоматизована система для проектування деталей млина самоподрібнення «ГІДРОФОЛ»	55
6 МОДЕРНІЗАЦІЯ ВУЗЛА РОБОЧОЇ КАМЕРИ МЛИНА МОКРОГО САМОПОДРІБНЕННЯ.....	59
6.1 Розробка 3D-моделі базового та модернізованого вузла робочої камери млина.	59

6.1.1 Побудова 3D-моделі базової конструкції млина мокрого самоподрібнення	59
6.1.2 Побудова 3D-моделі модернізованої конструкції млина мокрого самоподрібнення	63
6.1 Розрахунок базової моделі млина мокрого самоподрібнення.....	68
6.2 Розрахунок 3d моделі модернізованого млина мокрого самоподрібнення	73
6.3 Підтвердження працездатності.....	76
7 ОХОРОНА ПРАЦІ	80
7.1 Повітря робочої зони	80
7.2 Електробезпечність	81
7.3 Освітлення.....	82
7.4 Пожежонебезпека.....	82
7.5 Шум	83
8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	84
8.1 Опис ідеї стартап-проекту.....	84
8.2 Технологічний аудит ідеї стартап-проекту	86
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	87
8.4 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту	88
8.5 Розроблення ринкової стратегії проекту	94
8.6 Висновки	96
9 МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МЛИНА МОКРОГО САМОПОДРІБНЕННЯ «ГІДРОФОЛ».....	97
9.1 Технологія складання установки приводної шестерні.....	98
9.1.1 Ескіз установки приводної шестерні	98
9.1.2 Специфікація	99
9.1.3 Схема складання.....	101
9.1.4 Операційна карта складання.	103
9.2 Монтаж машини на фундаменті	107
9.2.1 План-схема розміщення фундаментних болтів.	107
9.2.2 Карти ескізів монтажу машини	108

9.2.3 Операційна карта монтажу	113
9.3 Експлуатація машини	115
9.3.1 Схема змащення	115
9.3.2 Таблиця змащення	116
ВИСНОВКИ.....	118
ЛІТЕРАТУРА.....	120
ДОДАТКИ.....	122
ДОДАТОК А	122
ДОДАТОК Б	129
ДОДАТОК В	131
ДОДАТОК Г	143
ДОДАТОК Д.....	146

ВСТУП

Розвиток хімічної промисловості, здебільшого, будіндустрії має величезне значення в житті країни. Необхідність досягати зростання продуктивності, при тих же енерговитратах, змушує впроваджувати у виробництво конструктивно нову техніку або займатися модернізацією наявного обладнання, що в свою чергу також дає значний позитивний ефект.

При переробці в шлам вологої (зазвичай крейджаної) сировини в даний час використовуються в основному млини мокрого самоподрібнення (ММС) типу «Гідрофол» зі спеціально вбудованою в вихідний цапфі млина стрижневою камерою. У цій камері відбувається дорозмелення до нерозмелених в барабані млину великих включень. Характерною особливістю таких технологічних схем подрібнення є відсутність дробильного відділення, в якому сировина після видобутку проходила б стадію попереднього подрібнення в дробарках. Немає також в цих схемах складів крейди і глини, розташованих на проммайданчику, тому що, запаси сировинних матеріалів, необхідних для забезпечення безперервної та стабільної роботи випалювальних агрегатів, зберігаються у вигляді шламу. При цьому доцільно виконувати дорозмелення грубомолотого шламу відразу ж після виходу його з млинів.

Темою даної магістерської дисертації є млин мокрого самоподрібнення типу «Гідрофол» з модернізацією робочої камери. Млини мокрого самоподрібнення широко використовуються для тонкого й грубого помелу матеріалу. Принцип дії млина полягає в подрібненні сировини частковим стиранням і ударом вільно падаючої сировини.

Об'єкт досліджень: процес подрібнення та переробки сировинних матеріалів.

Предмет дослідження: параметри конструктивних елементів для подрібнення та класифікації матеріалу в обертових барабанних млинах.

Мета дослідження: розробка технічних рішень для вдосконалення конструкції млина та використання нових конструктивних елементів, що підвищить продуктивність та забезпечують зменшення енерговитрат.

Актуальність: Актуальними питаннями є зменшення енерговитрат, підвищення продуктивності й ефективності роботи млина, що можна досягти шляхом модернізації й оптимізації наявного устаткування.

Науково-практична цінність:

- Запропоновано нове конструктивне виконання камери подрібнення млина мокрого самоподрібнення.
- Досліджено напружено деформований стан базової та модернізованої конструкції.
- Доведена можливість використання запропонованої конструкції робочої камери млина самоподрібнення.
- Розроблено програму для автоматизованого проектування деталі кришки барабану.

1 ОПИС МЛИНА, ЙОГО ОСНОВНИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИПУ ДІЇ

Конструкція розвантаження млина мокрого самоподрібнення подібна конструкції розвантаження через решітку кульових млинів. Початковий матеріал, що надходить в барабан млин, зазнає деформації при ударі падаючих шматків руди, від матеріалу, що знаходяться в нижній частини млина. При обертанні барабана, що має ліфтери і профільні футерування кришок, матеріал піднімається вгору на більшу висоту, ніж при обертанні барабана кульового млина. Одночасно з цим проходить часткова сегрегація матеріалу по крупності: дрібні шматки зосереджуються на периферії, великі – ближче до осі обертання, що обумовлює їх рух по різних траєкторіях. Руйнування матеріалу відбувається внаслідок удару шматків один об одного при падінні, внаслідок стирання при коченні шматків в каскадній зоні, а також внаслідок ударів і стиснень, що наносяться набігаючими ліфтерами в зоні «псевдо носка» по ущільненій компактній частини матеріалу. Дія ліфтерів в цьому випадку подібно дії рухомий щокі в щоків дробарки.[1]

Додаткове руйнування матеріалу відбувається в зоні «дійсного носка», де матеріал піддається всебічному стиску, потім при підйомі матеріалу навантаження стиснення знімається, що призводить до розвитку природних дефектів і зниження міцності самодрібненого матеріалу. [1]

До основних елементів і вузлів млина самоподрібнення відносяться наступні: короб завантаження, обертова частина, головні підшипники та привода. Обертова частина в свою чергу складається з: завантажувальної воронки, барабану, двох підшипникових цапф та камери домелу.

Млин для мокрого само подрібнення ММС-7000-2300 (Рисунок 1.1) складається з барабану 1 з торцевими кришками 3 та 14, завантажувальної та розвантажувальної 12 цапф, зпертих на підшипники 5 та 11. Обертання барабану передається електродвигуном 7 за допомогою зубчастої муфти 8, привідній шестерні, встановлених на сферичних роликових підшипниках та зубчастого

вінця 10 змонтованого на фланці розвантажувальної цапфи 12. Число обертів барабану визначається за [1].

Корпус барабану складається з двох половин з'єднаних фланцями. До нього приєднано пустотілі цапфи 4 та 12. В цапфах знаходяться завантажувальна та розвантажувальна втулки. Завантажувальна втулка має спіраль, призначені для прискорення подачі руди до млина та спіральний пристрій для повернення в млин пульпи крізь ущільнення.

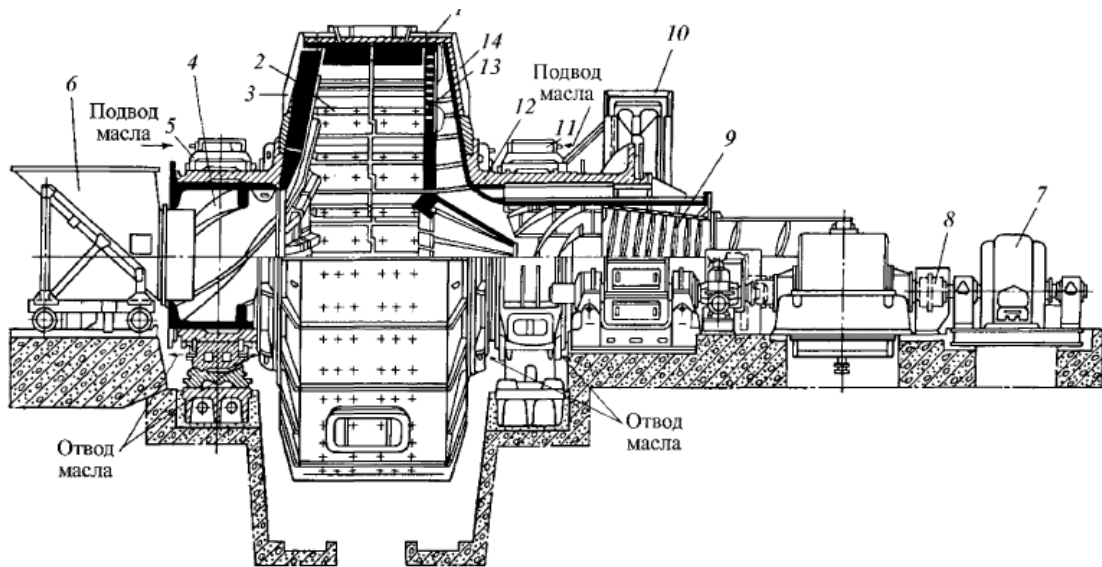


Рисунок 1.1 – Млин мокрого самоподрібнення -7000-2300

Початкова руда завантажується в млин за допомогою завантажувального пристрою 6, який являє собою патрубок, який рухається по рель сам механічним приводом. Футерівка барабану включає в себе броне плити та ліфтери(клини) 2. Для спряження с ліфтерами стики броне плит мають ухили. Футерівка торцевих стінок виконана з двох рядів плит. Кріплення плит відбувається ліфтерами та болтами з потаємними головками.

У розвантажувального кінця млина встановлена решітка 13. Її щілини мають ширину 20 мм і розширюються в сторону розвантаження. Кріпляться решітки боковими ліфтерами та болтами. Наявність решітки розвантажувальних ліфтерів дозволяє здійснювати примусове вивантаження з млина розмеленого

матеріалу та підтримувати низький рівень пульпи в млині Енциклопедія 4-24 2011.

Класифікація при розвантаженні млина відбувається на бутарі 9, закріпленому на розвантажувальній цапфі. Рудна галя видаляється з млина крізь вікна, котрі вирізаються в розвантажувальній решітці. Млини мокрого самоподрібнення проводяться в рух одним або двома двигунами потужністю до 3000...4000 кВт. Зубчатий вінець привода змонтовано на розвантажувальній цапфі, з ним спряжено крізь одну або дві малі шестерні один або два приводних вали.

Барабан є головним вузлом і найбільш важкою частиною млина. Він складається з корпусу, що представляє собою сталеву зварену конструкцію, що має дві половини, з'єднані горизонтально розташованими фланцями. Після зборки барабан являє собою нероз'ємну конструкцію. У корпусі є три люки, які закриваються кришками. [1]

До корпусу барабана прикріплені опорні цапфи, за допомогою яких він установлюється в корінні підшипники.

Усередині порожніх цапф вставлені втулки. Втулка завантажувальної цапфи виконана зварений. Цапфа має спіралі, які сприяють прискоренню живлення млина, і спеціальний пристрій для повернення в барабан пульпи, що протікає через зазор між патрубком і втулкою завантажувальної цапфи.

Втулка розвантажувальної цапфи виконана зварно-ливою і має спіралі, що сприяють розвантаженню пульпи. [2]

Вхідний кінець розвантажувальної втулки висунутий убік барабана і являє собою литий розвантажувальний конус із ребрами, що відповідають розташуванню розвантажувальних ліфтерів підрешітчної футеровки, які забезпечують спрямований потік пульпи в розвантажувальну цапфу. [2]

Внутрішня поверхня барабана облицьовується змінною футеровкою, що складається із броньових плит і ліфтерів. Броньовані плити мають спеціальні западини для сполучення із змінними ліфтерами.

Кріплення бронеплит здійснюється болтами з потайними головками.

Для ущільнення болтових з'єднань є кільця з технічної гуми, а також спеціальні шайби.

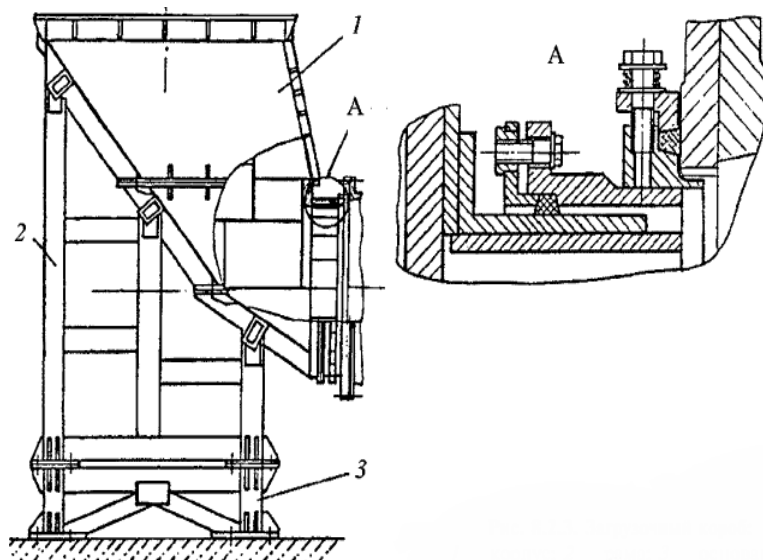
Для запобігання внутрішньої поверхні барабана від абразивного зношування й зменшення шуму під бронеплити покладена листова гума.

У вузол розвантажувальних ґрат входять сектора ґрат й підрешіточна футеровка. Щілина в ґратах виконана клинчастої форми.

За ґратами є футеровочні плити, відлиті за одне з розвантажувальними ліфтерами, які забезпечують безперервний потік здрібненого продукту.

Розвантаження матеріалу відбувається через двоступінчасту бутару, перший щабель якої розміщений усередині втулки розвантажувальної цапфи, друга виступає назовні. Щаблі мають отвори різних діаметрів. [2]

Завантажувальний короб (Рисунок 1.2) складається з корпусу 1, рами 2 і підстави 3. Робоча камера завантажувального короба починається горизонтальним фланцем з вхідним прямокутним отвором і закінчується боковим патрубком циліндричної форми з прохідним отвором діаметром 2390 мм. Робоча камера може завантажуватися безпосередньо екскаватором з ковшем місткістю 5 м³. [2]



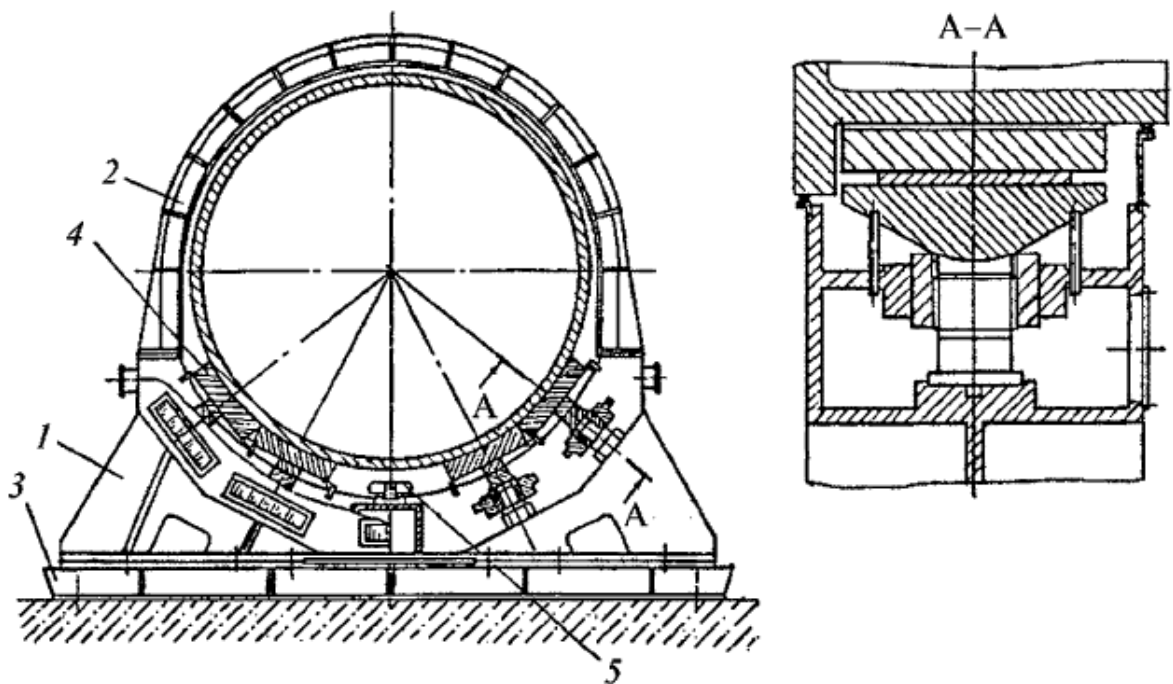
1 – корпус; 2 – рама; 3 – основа.

Рисунок 1.2 – Розвантажувальний короб

Бічний патрубок має два нерухомих ущільнення: торцеве по стику з обертається лійкою і внутрішнє радіальне. Бічні стінки робочої камери футеруються плитами з зносостійкого стали або плитами з зносостійкого наплавленням. Футеровки кріпляться болтовими з'єднаннями з ущільненням. Обертається є основним вузлом млини, в якому надходять в млин шматки матеріалу розміром до 900 мм дробляться і подрібнюються до розміру 5 мм і змішуються з водою. Обертається частина млина складається з завантажувальної воронки, барабана, двох підшипникових цапф і камери домола. завантажувальна воронка — зварна металоконструкція, захищена всередині шаром зносостійкого матеріалу. Форма воронки конусна, направлена розтрубом всередину барабана. Переднім конічним пояском і виступом середнього фланца воронка встановлюється в порожнину підшипникової цапфи. Середній фланець воронки кріпиться до цапфи болтами і додатково фіксується приварними силовими втулками. Корпус барабана виконують з чотирьох рівних секторів, що з'єднуються між собою болтами з подальшою фіксацією штифтами і приварними силовими втулками. Футеровки і ліфтери кріплять до барабану болтами через гумові прокладки, що знижують рівень шуму і динамічних навантажень на корпус барабана. Зазори між елеваторами і стінками секторів і проміжних ребер, а також внутрішні порожнини підгратного ребер заливають цементним розчином. Для запобігання течі пульпи через болтові з'єднання футеровочних елементів з барабаном застосовані ущільнювальні кільця з сальникової набивання. Підтримка робочого натягу в болтах і виключення їх обривів забезпечують пакетами тарілчастих пружин в болтових з'єднаннях. З боку завантаження до барабану млина кріпиться зубчастий вінець приводу. Кріплення включає в себе болти, встановлені з зазором в отвори фланців барабана і зубчастого вінця, і болти з прізональної частиною в отворах фланца барабана і ковзної частиною по овальному отвору у втулці фланця зубчастого вінця для компенсації температурних розширень корпусу барабана. З обох торців в корпус барабана вставлені цапфи за допомогою центруючи затискних посадок з натягом [3].

Така конструкція виключає можливість появи зазору в цьому з'єднанні. Цапфи закріплюють спеціальними високоміцними болтами і привареними силовими втулками. Гайки спеціальних болтів мають вмонтовані пластмасові кільця, запобігають самовідгвинчування. Оскільки корпус барабана схильний до значних знакозмінних навантажень, передбачено ребра всієї зовнішньої поверхні і виконання на внутрішній поверхні торцевих стінок додаткових радіальних ребер жорсткості, що забезпечує підвищену міцність корпусу.

Головні підшипники. Підшипник (Рисунок 1.3) складається з чотирьох окремих секцій, що спираються на самоустановлювальні елементи на плиті корпусу підшипника з можливістю регулювання по висоті. Зварні корпус і кришка захищають секції підшипника від зовнішньої середовища і служать також для збору і відводу охолоджуючого масла. Вкладиш виготовлений з поковки. На циліндричну поверхню, виконану з пазами типу ластівчин хвіст, нанесений антифрикційний шар з бабіту. Охолодження антифрикційного шару здійснюється водою, що циркулює по каналах опорного сегмента.

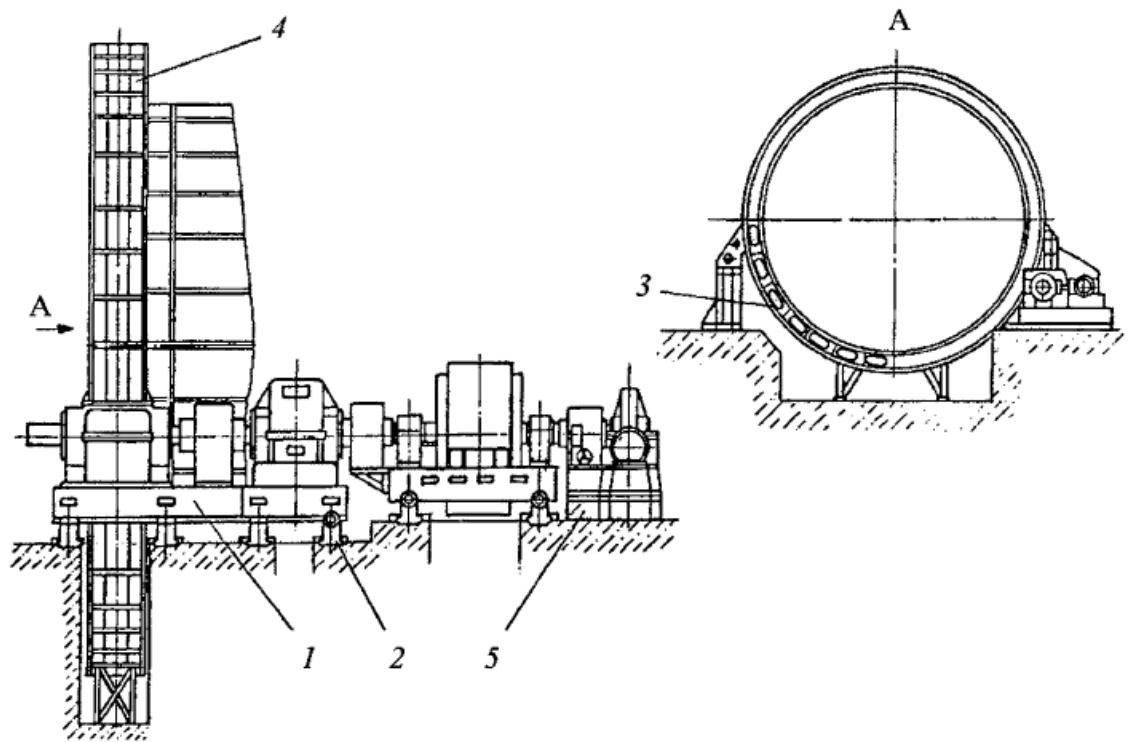


1—корпус; 2—основа; 3—вкладиш; 5—упор.

Рисунок 1.3 — Головний підшипник

Для забезпечення гідродинамічного режиму роботи підшипника на кінці кожного опорного сегмента є кишеня спеціального профілю, куди під тиском 0,6 МПа подається масло. Заходне профіль кишені виконується по кривій згідно гідродинамічного розрахунку. Осьова навантаження, передана бурти цапфи, сприймається упорами, розташованими в нижній частини підшипника між опорними сегментами. Привід млини здійснюється від синхронного електродвигуна через одноступінчатий редуктор і відкриту зубчасту пару. У кріпленні зубчастого вінця на фланці барабана передбачена можливість компенсації температурного розширення корпусу барабана. редуктор головного приводу млина одноступінчатий циліндричний з шевронним зачепленням [2]

Вузол приводного вала (Рисунок 1.4) складається з корпусу підшипників, кришки корпусу, подвенцовой шестерні і вала. В наскрізні кришки, що закривають і фіксують підшипники кочення приводного вала, вбудовані ущільнення, які виключають витікання масла з порожнин підшипників і проникнення туди пилу. муфти з'єднання електродвигуна з редуктором і редуктора з приводним валом еластичні з вилкоподібний торцевими кільцевими виступами полумуфт, що входять лабіринтно один в одного. Кільцеві виступи полумуфт перерізані радіальними пазами, в які входять сухарі-амортизатори, передають крутний момент. Моторна полумуфта насаджується на вал електродвигуна з натягом, інші напівмуфти — через евольвентное шліцеве з'єднання.



1—головний привод; 2—установка салазок; 3—зубчастий вінець; 4—кожух
зубчастого вінця; 5—допоміжний привід

Рисунок 1.4 — Привід

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Таблиця 1 – Технічна характеристика

1	Продуктивність, т/год	128
2	Внутрішній діаметр барабана (без футеровки), мм	7000
3	Внутрішня довжина циліндричної частини барабана, мм	2300
4	Крупність завантажуваних кусків, мм	до 400
5	Робочий об'єм барабану, м ³	80
6	Коефіцієнт завантаження матеріалом, %	45
7	Потужність двигуна, кВт	1600
8	Частота обертання електродвигуна, об/хв	1000
9	Частота обертання барабану, хв ⁻¹	13
10	Маса, т	395

3 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

3.1 Літературний огляд

Конструкція розвантаження млина мокрого самоподрібнення подібна конструкції розвантаження через решітку кульових млинів.

У млинах мокрого само дрібнення матеріал певної крупності виводиться, як шляхом фільтрації через компакту частину, так і частково через пухку частину завантаження. Швидкість видалення матеріалу при цьому нижче, ніж в разі його вилучення повітряним потоком із зони вільного падіння в млинах сухого самодрібнення, що зумовлює різницю в характеристиці крупності одержуваних продуктів подрібнення.

Млин мокрого самоподрібнення володіє і істотними недоліками:

- витрата енергії на подрібнення в 1,3-1,4 рази вище, ніж при подрібненні в млинах зі сталевим середовищем;
- процес неефективний при подрібненні дуже міцних і дуже м'яких руд;
- для того, щоб процес самоздрібнювання протікав ефективно в вихідній руді має бути не менше 30 ... 35% шматків руди крупністю більше 100 мм, які і є подрібнювальним середовищем;
- накопичення в млині самоздрібнювання шматків руди «критичної крупності» (75 ... 25 мм), які не є подрібнювальним середовищем і погано подрібнюються самі. Для боротьби з цими шматками переходять на режим полусамоподрібнення з використанням куль, домелюють їх перед поверненням в млин або класифікують руду по класу мінус 100 мм і плюс 100 мм і дозують їх в млин при оптимальному співвідношенні[2].

Актуальними питаннями є зменшення енерговитрат, підвищення продуктивності й ефективності роботи млина, що можна досягти шляхом модернізації й оптимізації наявного устаткування.

З метою усунення недоліків млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол», а саме зменшення енерговитрат на подрібнення матеріалу та підвищення ефективності роботи, було виконано патентний пошук.

3.2 Патентний огляд

Патентний пошук варіантів модернізацій базового устаткування проводився на наступних пошукових ресурсах:

- <http://www1.fips.ru>
- <http://base.ukrpatent.org/>
- https://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP

Результати патентного огляду наведено в Додатку А. Для усунення недоліків конструкції було докладно розглянуто 5 патентів:

1 В [4] модернізований млин включає обечайку барабана, виконану у вигляді горизонтально розташованого усіченого конуса з кутом нахилу твірної до горизонту до 60 і вікна з ґратами, розташованими рівномірно по боковій поверхні обечайки біля основи усіченого конуса, завантажувальний торцеву кришку, виконану конічною з кутом конусності 150 - 170°, забезпечену завантажувальним патрубком з внутрішнім діаметром (0,3 - 0,4) D від діаметра млина і порожнистою цапфою, що спирається на 6 - 8 опорних роликів в якості підшипників, розвантажувальну торцеву кришку, виконану конічною з кутом конусності 160 - 180°, забезпечену внутрішнім центральним дефлекторного кільцем і глухий консольної цапфою, що спирається на 6 - 8 опорних роликів в якості підшипників. Млин мокрого рудного самоподрібнення (Рисунок 3.1) з периферійної розвантаженням дозволяє забезпечити більш повну дезінтеграцію глини, більш ефективне руйнування гірської породи з підвищеною вибірковістю помелу, підвищення швидкості виведення подрібненого продукту, зниження шламообразовання, підвищення продуктивності, зниження витрат електроенергії, велику економію металу і технологічність при виготовленні обладнання.

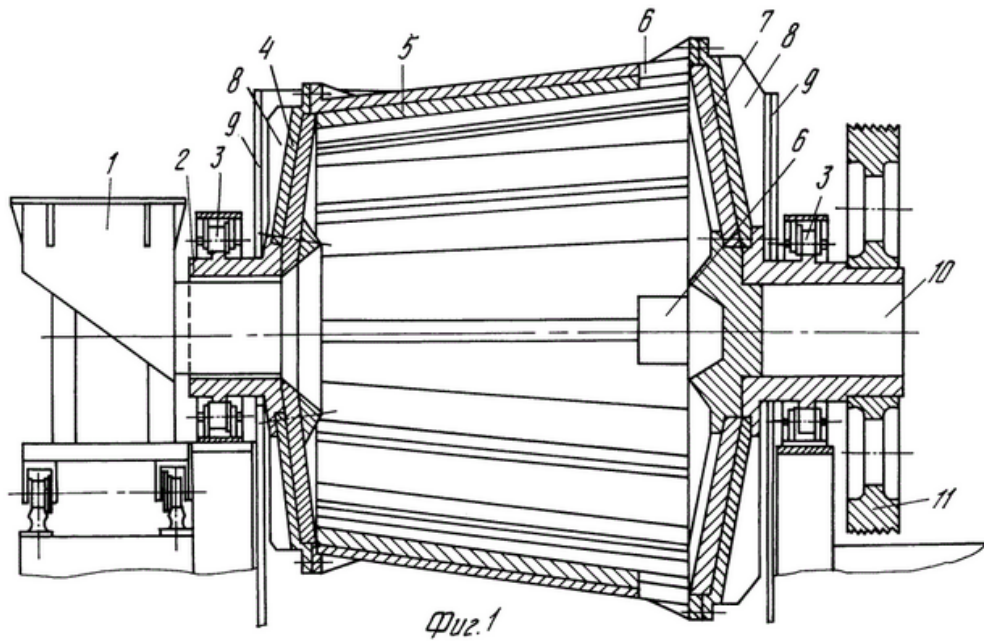


Рисунок 3.1— Млин мокрого рудного самоподрібнення з периферійним розвантаженням

2 Винахід [5] включає млин мокрого самоподрібнення (Рисунок 3.2) сировини включає барабан з завантажувальним і розвантажувальним пристроями і збірник для прийому подрібненого матеріалу. Розвантажувальний пристрій виконано у вигляді вікон з ґратами, розташованих рівномірно по циліндричній поверхні барабана із зсувом кожного вікна щодо попереднього.

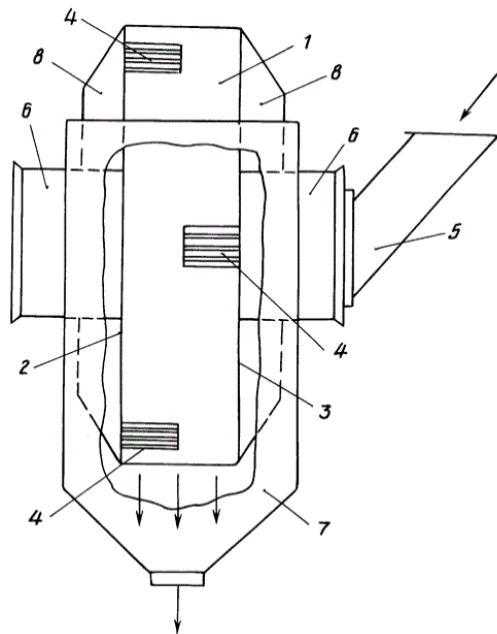


Рисунок 3.2 – Млин мокрого самоподрібнення алмазомісткої сировини

3 Винахіл [6] описує двохситну бутару (Рисунок 3.3) барабанного млина, що містить два обертових концентричних барабана, які скріплені і мають отвори, причому отвори внутрішнього барабана більше отворів зовнішнього барабана, а вихід млини заведений у внутрішній барабан. Уздовж гвинтових ліній своєю довжиною встановлені лопатки. Відстань між лопатками внутрішнього барабана становить 0,8-1,5 номінального розміру отворів внутрішнього барабана. Відстань між лопатками зовнішнього барабана становить 3-5 номінального розміру отворів зовнішнього барабана. Для обох барабанів відношення довжини лопаток уздовж гвинтових ліній до відстані між ними становить 3-7. Технічний результат - підвищення якості класифікації матеріалу.

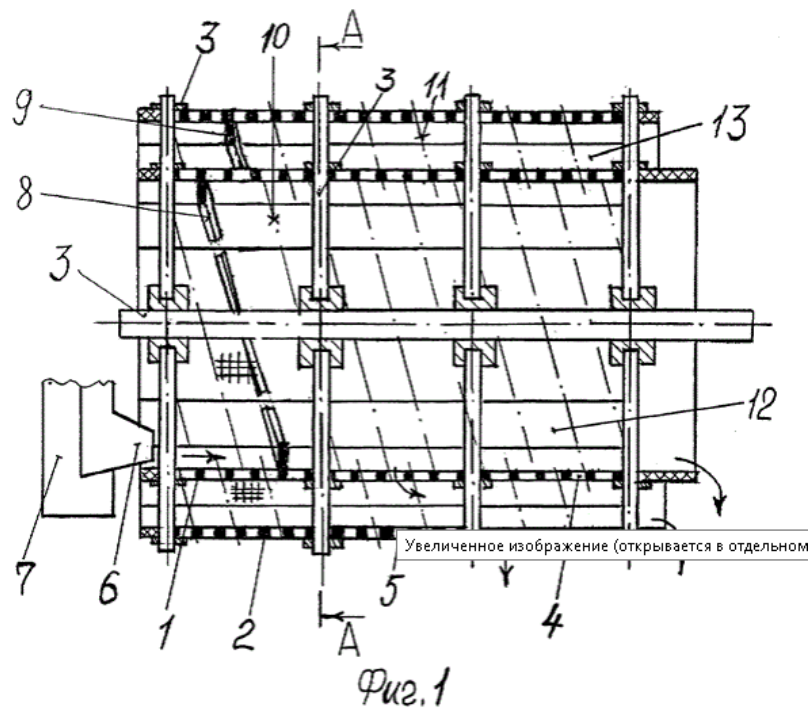


Рисунок 3.3 – Двохситна бутара барабанного млина

4 Винахід [7] описує кульовий барабанний млин (Рисунок 3.4), який містить футерований корпус, з'єднаний нерухомо і співвісно з завантажувальним і розвантажувальним днищами. усередині корпусу співвісно йому розташована з утворенням камери помелу і кільцевої камери футерована перфорована обичайка і встановлено обмежує їх зі боку розвантажувального днища класифікує розвантажувальний пристрій. В кільцевої камері встановлено багатозахідний гвинтовий конвеєр. Класифікуючий розвантажувальний пристрій складається з кільцевих дисків, співвісних футерованому корпусу, розташованих між ними співвісного їм аспіраційного патрубку і чергуються один з одним і встановлених радіально футерованому корпусу суцільних і перфорованих лопатей, передніх і задніх камер, утворених кільцевими дисками, аспіраційним патрубком, суцільними і перфорованими лопатями. Передні камери поєднуються через отвори в першому кільцевому диску з кільцевої камерою і камерою помелу. На внутрішній поверхні аспіраційного патрубку розташована багатозахідна гвинтова лопать з відкритими гвинтовими каналами в кожному з її заходів. Задні камери поєднуються з відкритими гвинтовими каналами через отвори в аспіраційному патрубку. Технічний результат полягає в підвищенні продуктивності кульового

млина зниженні питомої витрати електроенергії на процес подрібнення в ній матеріалу.

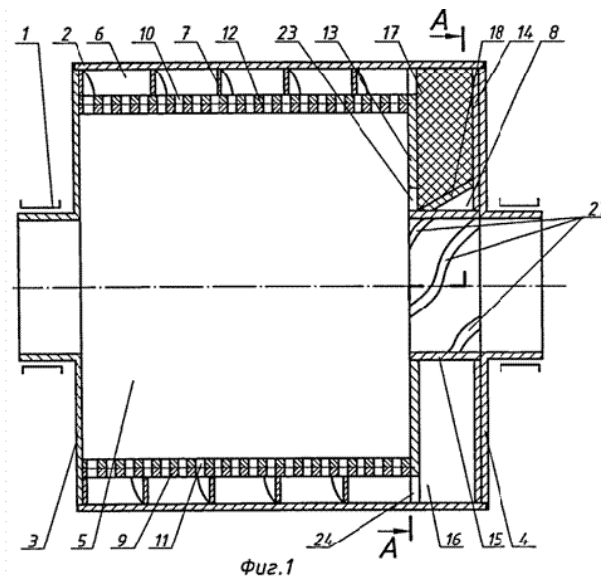


Рисунок 3.4 – Кульовий барабанний млин з класифікуючим розвантажувальним пристроєм

5 За винаходом [8] трубни млин (Рисунок 3.5) містить циліндричний футерований барабан, з'єднаний нерухомо з опорними цапфами, в яких розташовані завантажувальний та розвантажувальний пристрої. Футерований барабан містить вихідну решітку, нерухомо закріплену в ньому у опірної цапфи з розвантажувальним пристроєм і розділений міжкамерними перегородками на розташовані один за одним завантажувальну камеру, камеру грубого помелу і камери тонкого помелу. Камера грубого помелу з тілами, що мелють сферичнообразної форми виконана у вигляді футерованої перфорованої обичайки конусоподібної усіченої форми, спрямованої більшою основою до завантажувального пристрою і розташована концентрично і з зазором по відношенню до футерованого барабану. Усередині завантажувального пристрою нерухомо і концентрично йому розташоване перфоровані класифікуючо-подаючий пристрій, який конструктивно повторює завантажувальний і примикає співвісно, з суміщенням центральних отворів, до міжкамерної перегородки, встановленої у завантажувального пристрою. Перегородка, що розділяє камери

грубого і тонкого помелу виконана класифікуючою і містить нерухомо закріплені і розташовані співвісно до Футеровані барабану кільцеві перфорований і суцільний диски, розташовані між ними радіально і без зазорів по відношенню до них і Футеровані барабану суцільні і чергуються з ними перфоровані лопаті, додаткове розвантажувальний пристрій. Суцільні лопаті нахилені до поздовжньої осі футерованого барабана. Перфоровані лопаті встановлені радіально футерованому барабану і паралельно його поздовжньої осі і примикають в радіальному напрямку без зазорів до суцільним лопатей у суцільного кільцевого диска сторонами, що контактують з класифікованим матеріалом і зворотними їм сторонами примикають в радіальному напрямку без зазорів до суцільним лопатей у перфорованого кільцевого диска. Додатковий розвантажувальний пристрій обмежено площинах, що проходять по поверхнях кільцевих перфорованого та суцільного дисків, зверненим відповідно в камери грубого і тонкого помелу і виконано у вигляді двох конусних обичайок, з'єднаних нерухомо один з одним основами, встановлених коаксіально один одному і Футеровані барабану з утворенням конусоподібної камери між собою. Зовнішня конусна обичайка без зазорів з'єднана із суцільним кільцевим диском і з перфорованими суцільними лопатями, розташована з кільцевим зазором по відношенню до перфорованому кільцевому диску і спрямована меншим підставою в бік камери грубого помелу. Внутрішня конусна обичайка спрямована меншим підставою в сторону камери тонкого помелу. У класифікуючій перегородці перфоровані і суцільні лопаті, зовнішня конусна обичайка утворюють з перфорованим кільцевим диском передні камери, а із суцільним кільцевим диском – задні камери. Задні камери повідомлені з конусоподібної камерою. У кільцевій камері утвореній футерованим барабаном і футерованою перфорованою обичайкою нерухомо закріплений гвинтовий конвеєр, повідомлений з завантажувальною камерою і з передніми камерами класифікуючої перегородки. Напрямок гвинта конвеєра з боку завантажувального пристрою протилежно напрямку обертання барабана млина, число заходів і висота профілю гвинта конвеєра збільшуються в напрямку камери тонкого помелу. Ширина або діаметр отворів перфорованого кільцевого диска і отворів перфорованих лопатей рівні ширині або діаметру суміщених

отворів футерованої перфорованої обичайки, отворів класифікуючо-подаючого пристрою, отворів міжкамерної перегородки, що розділяє камери завантажувальний і грубого помелу. Технічний результат полягає в підвищенні продуктивності трубного млина і зниженні питомої витрати електроенергії, які забезпечуються класифікацією в середині млина сферично-образних тіл, що мелють від великих до дрібних в напрямку від початку камери грубого помелу, до її кінця і під впливом на подрібнюваний матеріал тілами, що мелють розміром, що відповідає крупності подрібнюють частинок, раціональної організацією процесу класифікації матеріалу всередині млина, що подрібнюється і його транспортуванням в камери грубого і тонкого помелу. це забезпечується раціональними конструкціями футерованої перфорованої обичайки, кільцевої камери з встановленими в ній гвинтовим конвеєром, класифікуючої перегородки.

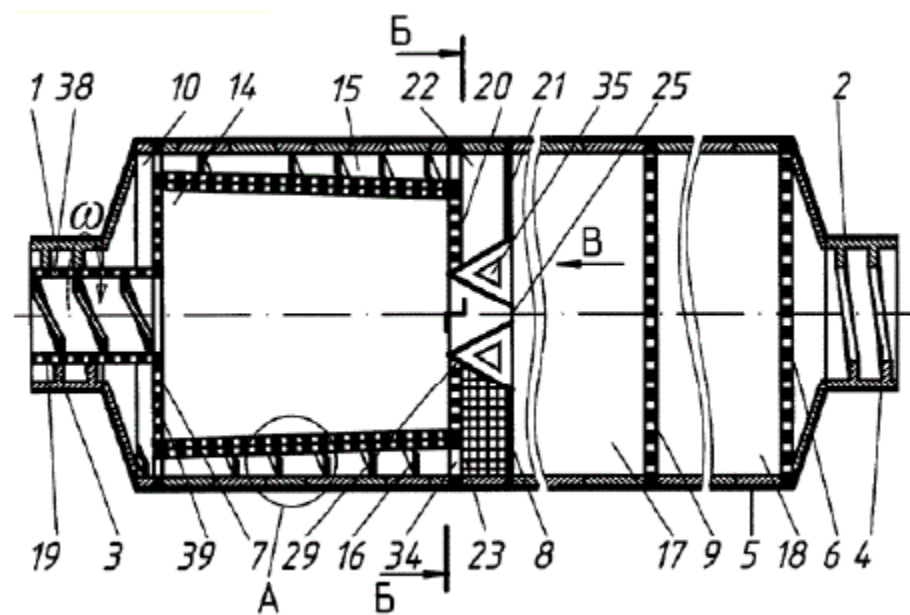


Рисунок 3.5 – Трубний млин з внутрішнім класифікуючим пристроєм

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОЇ КАМЕРИ

За результатами літературно-патентного огляду було прийнято рішення розробити та спроектувати нове конструктивне виконання млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол» з модернізацією розвантажувального вузла, яка спрямована на зниження енерговитрат при подрібненні матеріалу, підвищення ефективності та продуктивності роботи млина.

На Рисунок 4.1 представлено схему нового конструктивного виконання млина самоподрібнення, який складається з підшипників (на рис. не показані), двох торцевих кришок 1, 2, камери 3 помелу, кільцевої камери 4 подрібненого матеріалу, корпусу барабану 5 та класифікуючого розвантажувального пристрою 6. Кільцева камера 4 подрібненого матеріалу складається з гвинтового конвеєру 7, внутрішньої перфорованої стінки 8 та зовнішньої стінки кільцевої камери 9, що кріпиться до корпусу барабану 5.

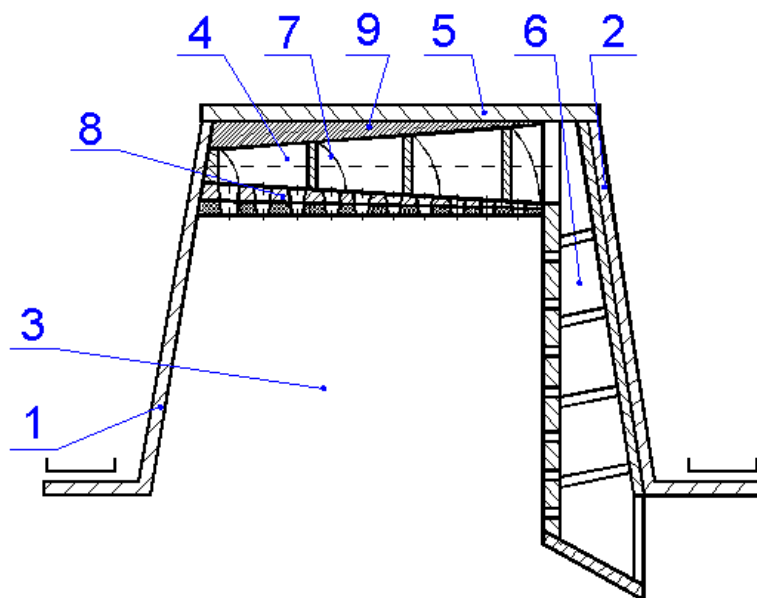


Рисунок 4.1 – Схема конструкції млина самоподрібнення

Корисна модель відноситься до млинів самоподрібнення і може бути використана в різних галузях промисловості для тонкого подрібнення матеріалів при підготовці рудних матеріалів до збагачення. Млини самоподрібнення використовують в хімічній, будівельній, гірничорудній та інших споріднених галузях.

Відомий барабанний млин, що містить обертовий барабан, камеру помелу, концентрично встановлену співвісно з барабаном кільцеву камеру подрібненого матеріалу з перфорованою стінкою та гвинтовий конвеєр, нерухомо закріплений в камері та призначений для транспортування матеріалу в класифікуючий розвантажувальний пристрій. [Патент Росії RU № 2498856, «Шаровая барабанная мельница с классифицирующим разгрузочным устройством», МПК В02С 17/06, опубл. 20.11.2013].

Недоліком відомого млина є те, що конструкція кільцевої камери з подрібненим матеріалом не забезпечує переміщення отриманої дрібної фракції до розвантажувального пристрою.

Найближчим за технічною сутністю до пропонованого технічного рішення є трубний млин, в якому обичайка з перфорованими стінками кільцевої камери з подрібненим матеріалом виконана у вигляді усіченої обичайки конусної форми, а число заходів і висота профілю гвинта конвеєра збільшуються в напрямку камери тонкого помелу [Патент Росії пат. RU № 57147, «Трубная мельница», МПК В02С 17/06, опубл. 10.10.2006].

В зазначеному технічному рішенні кільцева камера та гвинтовий конвеєр забезпечує транспортування матеріалу.

Недоліком відомого технічного рішення є те, що:

- конічна форма робочої камери помелу забезпечує переміщення матеріалу тільки на початку камери, що призводить до зниження ефективності процесу подрібнення в кінці камери;

- укіс обичайки з перфорованими стінками в кільцевій камері сприяє ефективному проходженню подрібненого матеріалу, який знаходиться тільки у верхній частині камери барабану млина, що призводить до зниження

ефективності кільцевої камери при транспортуванні подрібненого матеріалу до класифікуючого розвантажувального пристрою.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення конструкції млина в якому його нове конструктивне виконання забезпечить та підвищить ефективність роботи млина.

Новим є те, що внутрішні поверхні стінок кільцевої камери виконані зі скосом в напрямку руху подрібненого матеріалу, а її зовнішня стінка обернена до камери помелу і виконана співвісно з віссю млина.

Млин самоподрібнення працює наступним чином:

Млин самоподрібнення приводиться в обертання приводом (на фіг. не показаний). Призначений для помелу матеріал, надходить в камеру 3 помелу де піддається подрібненню. В результаті руйнування крупних частинок, утворюється робоча фракція, розмір частинок якої менше ширини або діаметра отворів внутрішньої перфорованої стінки 8. Вказані частинки проходять через отвори в кільцеву камеру 4 подрібненого матеріалу, захоплюються гвинтовим конвеєром 7 і транспортуються в класифікуючий розвантажувальний пристрій 6. В залежності від положення, яке займає подрібнений матеріал в камері 4, відносно вісі симетрії млина, відбувається інтенсивне переміщення по внутрішній перфорованій стінці 8 або зовнішній стінці 9 так як внутрішні поверхні стінок камери виконані зі скосом в напрямку руху подрібненого матеріалу.

Частинки більшого розміру, що не потрапили в камеру 4 подрібненого матеріалу залишаються в камері 3 помелу і подрібнюються додатково. Перфорована сітка 8, зі сторони камери 3 помелу, встановлена співвісно з віссю млина, за рахунок чого подрібнення матеріалу відбувається рівномірно по всій довжині камери. У результаті досягається максимальна ефективність процесу подрібнення, що підвищує продуктивність млина в цілому.

Заявлене технічне рішення забезпечує та підвищить продуктивність транспортування матеріалу до класифікуючого розвантажувального пристрою.

5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

ВИХІДНІ ДАНІ

Продуктивність, т/год	128
Внутрішній діаметр барабана (без футеровки), мм	$D=7000$
Внутрішня довжина циліндричної частини барабана, мм	$L_6=2300$
Внутрішній діаметр завантажувальної цапфи, мм	$d=2400$
коефіцієнт заповнення	$\varphi=0,45$
Товщина стінки розвантажувальної цапфи, мм	$h=0,2$
Відстань між осями підшипників, м	$L=5100$
Маса, т	395
К.К.Д зубчастої передачі	$\eta = 0,97$

5.1 Параметричний розрахунок

Критичне число обертів барабана:

$$n_{кр.} = \frac{42,3}{\sqrt{D}},$$
$$n_{кр.} = \frac{42,3}{\sqrt{7}} \approx 16 \frac{об}{хв},$$
(5.1)

де D - діаметр барабана, $D = 7м$.

Число обертів барабана:

$$n_6 = (0,6 - 0,85) \cdot n_{кр.} = 0,8 \cdot 16 = 12,8 \frac{об}{хв}$$
(5.2)

Приймаємо $n_6 = 13 \frac{об}{хв}$

$$V_6 = V_{цил.} + 2 \cdot V_{ус.кін.},$$
(5.3)

Де

$V_{\text{цил}}$ - обсяг циліндра;

$V_{\text{ус.кін.}}$ - обсяг усіченого конуса;

Визначимо висоту усіченого конуса

$$h = \frac{(D-d) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2}, \quad (5.4)$$

де

d - внутрішній діаметр завантажувальної цапфи, м; $d=2,4$ м;

$$h = \frac{(7 - 2,4) \cdot \operatorname{tg} 10}{2} = 0,4 \text{ м} \quad (5.5)$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L_{\text{ц}} + 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) \right), \quad (5.6)$$

де

L_6 - внутрішня довжина циліндричної частини барабана, м. $L_6 = 2,3$ м.

R, r - радіуси підстав усіченого конуса, м. $R = 3,124/2 = 1,562$ м;

$r = 2,3/2 = 1,15$ м;

$$V_6 = \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 2,3}{4} + 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,4}{3} \cdot (1,562^2 + 1,562 \cdot 1,15 + 1,15^2) \right) = 78 \text{ м}^3; \quad (5.7)$$

Приймаємо $V_6 = 80 \text{ м}^3$

Потужність, наведена до вала двигуна:

$$N_{\text{дв.}} = 1,05 \cdot \gamma_{\text{п}} \cdot V_6 \cdot \sqrt{D} \cdot N_0 \cdot \varphi / \eta, \quad (5.8)$$

де

φ - коефіцієнт заповнення, $\varphi = 0,45$;

$\gamma_{\text{п}}$ - об'ємна вага пульпи, кг/м^3 ;

$$\gamma_{\text{п}} = \frac{\gamma_{\text{с}}}{\left(1 - \frac{T}{100}\right) + \frac{T}{100} \cdot \frac{\gamma_{\text{с}}}{\gamma_{\text{р}}}}; \Rightarrow \frac{1000}{\left(1 - \frac{70}{100}\right) + \frac{70}{100} \cdot \frac{1}{3,5}} = 2000 \quad (5.9)$$

N_o - потужність, необхідна для обертання барабана одиничного обсягу й діаметра.

$$N_o = 2,62 \text{ кВт};$$

1,05 - коефіцієнт враховуючу нестабільність пульпи;

$$N_{\text{ов.}} = \frac{1,05 \cdot 2000 \cdot 80 \cdot \sqrt{7} \cdot 2,62 \cdot 1000 \cdot 0,45}{1000 \cdot 0,77} = 1581 \text{ кВт} \quad (5.10)$$

Приймаємо $N_{\text{дв.}} = 1600 \text{ кВт}$.

Вибираємо електродвигун головного привода:

- синхронний СДМ-13-40-6;
- потужність 1600 кВт;
- напруга 6000 Вольтів;
- швидкість обертання 1000 об/хв;
- вага 9020 кг.

Висновки. За результатами виконаних розрахунків було прийнято необхідно, для роботи млина. На основі цього обрано електродвигун марки СДМ-13-40-6 який задовольняє вимоги.

5.2 Кінематичні розрахунки

5.2.1 Визначення основних розмірів циліндричних передач редуктора

Ц2ш-1250

І щабель:

- міжцентрова відстань A мм, $A=1000\text{мм}$;
- число зубів Z –
 - шестірня – 36
 - колесо – 164
- модуль $m_n = 9 \text{ мм}$, $m_{\text{торц.}} = 10 \text{ мм}$
- передаточне число $i=4,56$
- діаметр ділильної окружності $d_d=m Z$

- шестірня

$$d_{дш}=10 \cdot 36=360 \text{ мм} \quad (5.11)$$

- колесо

$$d_{дк}=10 \cdot 164=1640 \text{ мм} \quad (5.12)$$

кут нахилу зубів

$$\cos \beta = \frac{m_n}{m_i} = \frac{9}{10} \Rightarrow \beta = 26^\circ \quad (5.13)$$

- діаметр окружності виступів

$$D_c = d_d + 2 \cdot m_n \quad (5.14)$$

- шестірня

$$D_{сш}=360+2 \cdot 9=378 \text{ мм} \quad (5.15)$$

- колесо

$$D_{сш}=1640+2 \cdot 9=1658 \text{ мм} \quad (5.16)$$

- ширина зубчастих коліс

$$B=2 \cdot 250=500 \text{ мм} \quad (5.17)$$

- вішення $B/d_d=1,39$

- число обертів

- шестірня $n=1000$ об/хв.

- колесо $n=219$ об/хв.

- окружна швидкість $V=\pi \cdot d_1 \cdot n/60$

$$V= \pi \cdot 360 \cdot 1000/60=18849,6 \text{ мм/с}=18,85 \text{ м/с} \quad (5.18)$$

- відносна ширина зубчастого вінця $B_{отн}$

$$B_{отн}=4 \cdot m_n / \sin \beta =4 \cdot 9 / \sin 26^\circ =82,1 \text{ мм} \quad (5.19)$$

II щабель:

- міжцентрова відстань A мм, $A=1250$ мм;

- число зубів Z –

- шестірня – 49

- колесо – 140

- модуль $m_n = 19$ мм, $m_{торц.} = 13,22$ мм

- передаточне число $I = 2,86$

- діаметр ділильної окружності $d_d = m Z$

- шестірня $d_{дш} = 648,15$ мм

- колесо $d_{дк} = 1851,85$ мм

- кут нахилу зубів

$$\cos \beta = \frac{m_n}{m_t} = \frac{12}{13,22} \Rightarrow \beta = 25^\circ \quad (5.20)$$

- діаметр окружності виступів

$$D'_z = d_d + 2 \cdot m_n \quad (5.21)$$

- шестірня $D'_{ізш} = 672,12$ мм

- колесо $D'_{ізк} = 1875,85$ мм

- ширина зубчастих коліс $B = 670$ мм

- рішення

$$B/d_d = 670/648,15 = 1,034 \quad (5.22)$$

- число обертів

- шестірня $n = 219$ про/хв.

- колесо $n = 76,6$ про/хв.

- окружна швидкість

$$V = \pi \cdot d_1 \cdot n / 60 \quad (5.23)$$

$$V = \pi \cdot 648,15 \cdot 219 \cdot 10^{-3} / 60 = 7,43 \text{ м/с} \quad (5.24)$$

- відносна ширина зубчастого вінця $B_{отн}$

$$B_{отн} = 4mn / \sin \beta = 4 \cdot 12 / \sin 25^\circ = 114 \text{ мм} \quad (5.25)$$

В ході виконання розрахунків було визначено розміри щабелів редуктора, кути нахилу зубців та окружну швидкість.

5.2.2 Визначення зусиль у зачепленні зубчастих пар редуктора Ц2ш-1250

Визначимо крутний момент на шестерні І щабля:

$$M_{кр.ш} = 950 \cdot \frac{N}{n} \cdot K_H \Rightarrow M_{кр.ш} = 9550 \cdot \frac{1500}{1000} \cdot 1,25 = 179063 \text{ Нм} \quad (5.26)$$

Крутний момент на колесі І щабля дорівнює крутному моменту шестірні ІІ щабля, отже:

$$M_{кр.ш} = M_{кр.до} - M_{кр.ш} \cdot i \cdot \eta \quad (5.27)$$

де передаточне число, $i=4,56$

К.К.Д зубчастої передачі $\eta = 0,97$

$$M_{кр.ш} = 17906,3 \cdot 4,56 \cdot 0,97 = 79203,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.28)$$

$$M_{кр.до} = M_{кр.ш} \cdot i \cdot \eta, \text{ де} \quad (5.29)$$

i_1 - передаточне число, $i_1 = 2,86$

$$M_{кр.до} = 70923,2 \cdot 2,86 \cdot 0,97 \cdot 219725,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.30)$$

Визначимо окружне зусилля:

$$P_{окр} = 2 \cdot M_{кр} / d_D \quad (5.31)$$

1-й щабель

$$P_{окр} = 2 \cdot 17906,3 / 0,36 = 99479,4 \text{ Н} \quad (5.32)$$

2-й щабель:

$$P_{окр} = 2 \cdot 79203,2/0,648,15 = 244397,7 \text{ Н} \quad (5.33)$$

Визначимо радіальне зусилля:

$$P = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \cdot P_{окр} \quad (5.34)$$

1-й щабель

$$P_{рад} = 0,364 \cdot 99479,9/0,9 = 40233,9 \text{ Н} \quad (5.35)$$

2-й щабель:

$$P_{рад} = 0,364 \cdot 99479,9/0,9 = 40233,9 \text{ Н} \quad (5.36)$$

Визначимо осьове зусилля:

1-й щабель

$$P_{ос} = 99479,4 \cdot 0,49/2 = 24372,5 \text{ Н} \quad (5.37)$$

2-й щабель:

$$P_{ос} = 244397,7 \cdot 0,47/2 = 57433,5 \text{ Н} \quad (5.38)$$

В результаті проведених розрахунків було визначено зусилля, що виникають

5.3 Розрахунки на міцність

Вихідні дані

Діаметр барабана - $D = 7 \text{ м}$

Довжина барабана - $L = 2,3 \text{ м}$

Об'ємна насипна вага руди - $\gamma_p = 1600\text{-}2200 \text{ кг/м}^3$

Відношення дійсного числа обертів до критичного - $\psi = 0,8$

Коефіцієнт заповнення барабана - $\varphi = 0,45$

Потужність, наведена до вала двигуна - $N = 1500$ кВт

Окружне зусилля в зачепленні – $R_{oc} = 41,8 \cdot 10^4$ Н

Радіальне зусилля в зачепленні - $R_{рад.} = 15,3 \cdot 10^4$ Н

Осьове зусилля в зачепленні - $R_{ос.} = 4,14 \cdot 10^4$ Н

5.3.1 Розрахунок корінних підшипників

Визначимо реакції корінних підшипників при роботі млина. Для цього складемо рівняння моментів щодо опори А.

Схема розподілу навантажень і розрахункова схема показані на Рисунок 5.1

$$\sum M_a = 0$$

$$-I_2 \cdot 0,3 - (Q_Z - I_1) \cdot (0,3 + 2,25) + R_B \cdot 2,25 - I_3 \cdot 5,3 - I_4 \cdot 6,85 - I_5 \cdot 8,1 = 0; \quad (5.39)$$

де

$I_1 = 195,1 \cdot 10^4$ Н - вага барабана й торцевих стінок з футеровкой

$I_2 = 45,6 \cdot 10^4$ Н - вага завантажувальної цапфи з футеровкой

$I_3 = 68,14 \cdot 10^4$ Н - вага розвантажувальної цапфи

$I_4 = 18,45 \cdot 10^4$ Н - вага зубчастого вінця

$I_5 = 3,922 \cdot 10^4$ Н - вага бутары

$Q_Z = 91,5 \cdot 10^4$ Н - сила впливу пульпи

$$R_B = \frac{0,3 \cdot 45,6 \cdot 10^4 + 2,55 \cdot (91,5 \cdot 10^4 + 195,1 \cdot 10^4) + 5,3 \cdot 68,14 \cdot 10^4 + 6,85 \cdot 18,45 \cdot 10^4 + 8,1 \cdot 3,922 \cdot 10^4}{5,1} \quad (5.40)$$

$$R_B = 247,8 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

- Складемо рівняння проекцій сил на вісь В:

$$\sum Y = 0$$

$$R_A - I_2 - I_1 - Q_Z - R_B - I_3 - I_4 - I_5 = 0 \quad (5.41)$$

$$R_A = I_2 + I_1 + Q_Z + R_B + I_3 + I_4 + I_5 \quad (5.42)$$

$$R_A = 45,6 \cdot 10^4 + 195,1 \cdot 10^4 + 91,5 \cdot 10^4 + 247,8 \cdot 10^4 + 68,14 \cdot 10^4 + 18,45 \cdot 10^4 +$$

$$+3,922 \cdot 10^4 = 174,9 \cdot 10^4 \text{ Н} \quad (5.43)$$

Можна зробити висновок, що найбільш навантаженим є лівий підшипник. Враховуємо це при подальшому розрахунку.

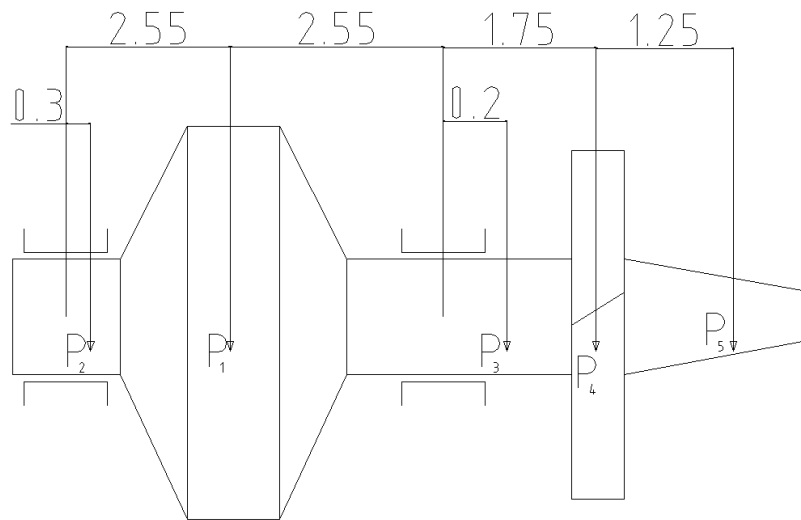


Рисунок 5.1 - Схема розподілу навантажень в млині та розрахункова система

Визначимо питомий тиск у підшипнику:

$$P = \frac{R_A}{D \cdot B} \quad (5.44)$$

де

D - діаметр підшипника, D = 2,8 м

B - ширина підшипника, B = 0,7 м

$$P = \frac{117,9 \cdot 10^4}{2,8 \cdot 0,7} = 89,23 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 \leq [p] = 120 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 \quad (5.45)$$

Показник питомої роботи тертя $p \cdot v$, що характеризує, у деякій мері, зношування й нагрівання підшипника.

Окружна швидкість шипа дорівнює

$$v = \pi \cdot D \cdot n / 60 \Rightarrow \pi \cdot 2,8 \cdot 13 / 60 \approx 2 \text{ м/с} \quad (5.46)$$

$$p \cdot v = 89,23 \cdot 10^4 \cdot 2 = 178,46 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{с}} \leq [p \cdot v] = 200 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{с}} \quad (5.47)$$

Припустимі значення $[p]$ й $[p \cdot v]$ отримані після експериментальних досліджень роботи млинів, виготовлених на СЗМТ.

На опору діє крім радіального навантаження також й осьова, тому вкладиш підшипника виконаний зі збільшеним буртом. Тоді питомий тиск буде визначатися по формулі

$$p = \frac{A}{\pi/12 \cdot (d^2 - d_o^2)} \quad (5.48)$$

де

$$d_o = d' + 2 \cdot \rho$$

d' - внутрішній діаметр бурту, м; $d' = 2,8 \text{ м}$

ρ - радіус жолобника, м; $\rho = 0,02 \text{ м}$

d - зовнішній діаметр бурту, м; $d = 0,29 \text{ м}$

A - осьове навантаження, Н; $A = 3,8 \cdot 10^4 \text{ Н}$

Припустимі значення $[p]$ й $[p \cdot v]$ при розрахунку бурту на осьове навантаження приймаємо вдвічі менше від раніше взятих

$$[p] = 60 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2; [p \cdot v] = 100 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{с}}$$

Середня окружна швидкість дорівнює

$$v_{-p.} = \frac{\pi \cdot (d + d') \cdot n}{2 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot (2,9 + 2,8) \cdot 13,9}{120} = 2,1 \text{ м/с} \quad (5.49)$$

$$p \cdot v = 0,422 \cdot 10^6 \cdot 2,1 = 0,94 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{с}} \leq [p \cdot v] \quad (5.50)$$

Можна зробити вивід, що діючі навантаження менше припустимих.

5.3.2 Визначення максимального згинального моменту, що діє в перетині млина

Зробимо рівняння моментів для всіх перетинів млина.

Розрахункова схема й епюра згинальних моментів зображена на

Перетин I:

$$z = (0;0,3)$$

$$M(z) = R_A \cdot z$$

$$M(0) = 0$$

$$M(0,3) = 174,9 \cdot 0,3 \cdot 10^4 = 52,47 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Перетин II:

$$z = (0,3;2,55)$$

$$M(z) = R_A \cdot z - I_2 \cdot (z - 0,3)$$

$$M(0,3) = 52,47 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M(2,55) = (174,9 \cdot 2,55 - 45,6 \cdot (2,55 - 0,3)) \cdot 10^4 = 343,4 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Перетин III:

$$z = (2,55;5,1)$$

$$M(z) = R_A \cdot z - I_2 \cdot (z - 0,3) - (Q_z + I_1) \cdot (z - 2,55)$$

$$M(2,55) = 343,4 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$\begin{aligned} M(5,1) &= (174,9 \cdot 5,1 - 45,6 \cdot (5,1 - 0,3) - (91,5 + 195,1) \cdot (5,1 - 2,55)) \cdot 10^4 = \\ &= -57,72 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{aligned}$$

Перетин IV:

$$z = (5,1;5,3)$$

$$M(z) = R_A \cdot z - I_2 \cdot (z - 0,3) - (Q_z + I_1) \cdot (z - 2,55) + R_B \cdot (z - 5,1)$$

$$M(5,1) = -57,72 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$\begin{aligned} M(5,3) &= (174,9 \cdot 5,3 - 45,6 \cdot (5,3 - 0,3) - (91,5 + 195,1) \cdot (5,3 - 2,55) + 247,8 \cdot (5,3 - \\ &- 5,1)) \cdot 10^4 = -39,62 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{м} \end{aligned}$$

Перетин V:

$$z = (5,3;6,85)$$

$$M(z) = R_A \cdot z - I_2 \cdot (z - 0,3) - (Q_z + I_1) \cdot (z - 2,55) + R_B \cdot (z - 5,1) - I_3 \cdot (z - 5,3)$$

$$M(5,3) = -39,62 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M(6,85) = (174,9(6,85-45,6((6,85-0,3)-(91,5+195,1)((6,85-2,55)+247,8((6,85-5,1)-68,14 \cdot (6,85-5,3))) \cdot 10^4 = -4,962 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перетин VI:

$$z = (6,85; 8,1)$$

$$M(z) = R_A \cdot z - I_2 \cdot (z-0,3) - (Q_z + I_1) \cdot (z-2,55) + R_B \cdot (z-5,1) - I_3 \cdot (z-5,3) - I_4 \cdot (z-6,85)$$

$$M(6,85) = -4,962 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M(8,1) = (174,9(8,1-45,6((8,1-0,3)-(91,5+195,1)((8,1-2,55)+247,8((8,1-5,1)-68,14 \cdot (8,1-5,3) - 18,45 \cdot (8,1-6,85))) \cdot 10^4 = 0$$

Максимальний згинальний момент, що діє в перетині млина:

$$M_{\text{MAX.}} = 343,4 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

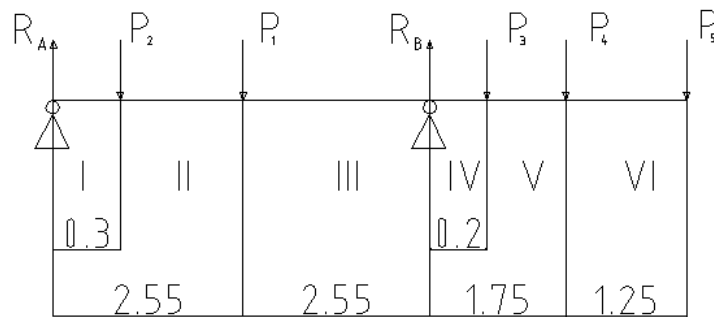


Рисунок 5.2 - Розрахункова схема

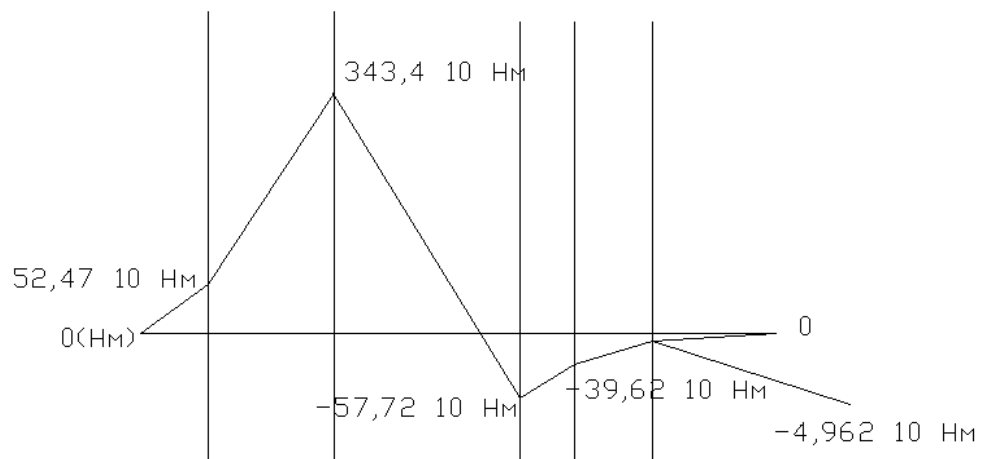


Рисунок 5.3 - епюра згинаючих моментів

5.3.3 Розрахунок болтового з'єднання цапфи з торцевою стінкою

Вихідні дані для розрахунку:

число нормальних болтів - $z_n = 28$

число призонних болтів - $z_{\text{приз.}} = 16$

матеріал болтів - сталь 40Х

діаметр нормальних болтів - М48

діаметр призонних болтів - 50 мм

навантаження на стик (з боку розвантаження) - $Q = 142,3 \cdot 10^4 \text{ Н}$

згинальний момент - $M_{\text{изг.}} = 164 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$

крутний момент - $M_{\text{кр.}} = 106,7 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Схема болтового з'єднання наведена на Рисунок 5.4

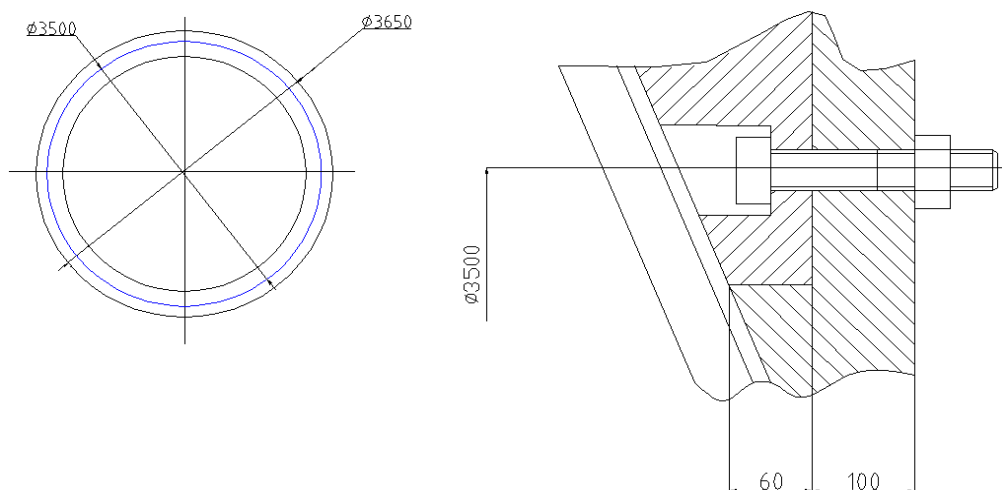


Рисунок 5.4 - Схема болтового з'єднання

У розрахунку приймаємо, що болти розташовані по окружності, тому що радіуси окружностей їхні розташування відрізняються незначно. $R = 1,75 \text{ м}$.

Визначимо навантаження на найбільш навантаженому болті.

Розрахункова схема наведена на Рисунок 5.5

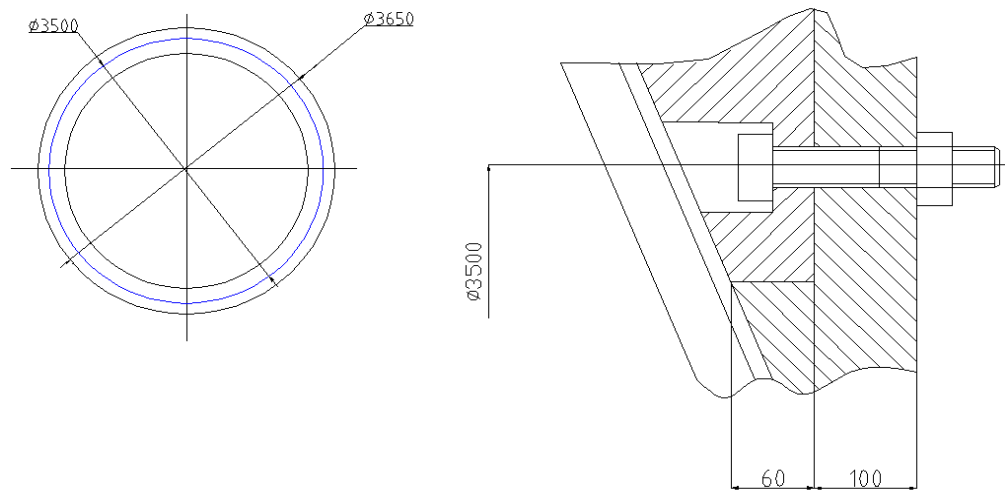


Рисунок 5.5 -Розрахункова схема

$$P_i = P_o \cdot (l_i/l_o) = P_o \cdot \cos(2 \cdot \pi/z)_i \quad (5.51)$$

$$l_i = l_o \cdot \cos(2 \cdot \pi/z)_i \quad (5.52)$$

$$M_{изг.} = P_i \cdot l_i \Rightarrow P_o \cdot l_o \cdot (z/2) = P_o \cdot R \cdot (z/2) \quad (5.53)$$

$$P_o = \frac{2 \cdot M_{изг.}}{R \cdot z} \Rightarrow \frac{2 \cdot 164 \cdot 10^4}{1,75 \cdot 28} = 66,94 \text{ kH} \quad (5.54)$$

Визначимо коефіцієнт основного навантаження

$$\chi = \frac{\lambda_d}{\lambda_b + \lambda_d}, \quad (5.55)$$

де

λ_d - коефіцієнт піддатливості фланців

λ_b - коефіцієнт піддатливості болта

$$\lambda_d = \frac{4,6}{E \cdot \pi \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot \lg \frac{(a + d) \cdot (a + l \cdot \operatorname{tg} \alpha - d)}{(a - d) \cdot (a + l \cdot \operatorname{tg} \alpha + d)}, \quad (5.56)$$

де

E - модуль пружності, $\text{H}/\text{м}^2$; $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ H}/\text{м}^2$

a - радіус опорної поверхні, м; $a = 0,0713 \text{ м}$

l - довжина болта, м; $l = 0,16 \text{ м}$

d - діаметр отвору, м; d = 0,056 м

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,4$$

$$\lambda_D = \frac{4,6}{2,1 \cdot 10^1 \cdot 3,14 \cdot 0,056 \cdot 0,4} \cdot \lg \frac{(0,0713 + 0,056) \cdot (0,0713 + 0,160,4 - 0,056)}{(0,0713 - 0,056) \cdot (0,0713 + 0,160,4 + 0,056)} = 1,69 \cdot 10^{-10} \quad (5.57)$$

$$\lambda_6 = \lambda_3 + \lambda_{гб.} + \lambda_{пб.}, \quad (5.58)$$

де

$$\lambda_c = \frac{l}{E \cdot F} \Rightarrow \frac{0,16}{2,1 \cdot 10^1 \cdot 1,26 \cdot 10^{-3}} = 6,05 \cdot 10^{-10} \text{ м/Н}, \quad (5.59)$$

де

F - площа перетину стрижня, м²; F = 1,26 · 10⁻³ м²

$$\lambda_{гб} = \frac{0,15}{h \cdot E} \Rightarrow \frac{0,15}{0,03 \cdot 2,1 \cdot 10^1} = 2,38 \cdot 10^{-11} \text{ м/Н} \quad (5.60)$$

де

h - висота головки болта, м; h = 0,03 м

$$\lambda_{пб} = \frac{0,8}{d_o \cdot E} \Rightarrow \frac{0,8}{0,048 \cdot 2,1 \cdot 10^1} = 7,94 \cdot 10^{-11} \text{ м/Н} \quad (5.61)$$

$$\lambda_6 = 6,05 \cdot 10^{-10} + 2,38 \cdot 10^{-11} + 7,94 \cdot 10^{-11} = 7,08 \cdot 10^{-10} \text{ м/Н} \quad (5.62)$$

Підставимо отримані значення коефіцієнтів у формулу (5.55)

$$\chi = \frac{1,69 \cdot 10^{-10}}{7,08 \cdot 10^{-10} + 1,69 \cdot 10^{-10}} = 0,193 \quad (5.63)$$

Затягування болта призначаємо по формулі:

$$\sigma_{зам} = \frac{\kappa \cdot P_0 \cdot (1 - \chi)}{F}, \quad (5.64)$$

де до = 2,5-4

$$\sigma_{зам} = \frac{4 \cdot 66,94 \cdot 10^3 \cdot (1 - 0,193)}{1,26 \cdot 10^{-3}} = 171 \text{ МПа}, \quad (5.65)$$

Зусилля від затягування дорівнює:

$$P_{\text{зат.}} = \sigma_{\text{зат.}} \cdot F = 171 \cdot 10^3 \cdot 1,26 \cdot 10^{-3} = 216 \text{ кН} \quad (5.66)$$

Зусилля в болті при роботі:

$$P_p = P_{\text{зат.}} + \chi \cdot P_o \Rightarrow 216 + 0,193 \cdot 66,94 = 228,9 \text{ кН} \quad (5.67)$$

Визначимо середня напруга циклу.

$$\sigma_m = \sigma_{\text{зам}} + \frac{\chi \cdot P_o}{2 \cdot F} = 171 + \frac{0,193 \cdot 66,94 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,26 \cdot 10^{-3}} = 176 \text{ МПа} \quad (5.68)$$

Запас міцності по змінних напругах дорівнює:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1\sigma} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_m}{\sigma_e}\right)}{\sigma_{\square}}, \quad (5.69)$$

де

$$\sigma_{-1\sigma} = 47,5 \text{ МПа}$$

для сталі 40Х $\sigma_b = 850 \text{ МПа}$, $\sigma_T = 630 \text{ МПа}$

$$n_a = \frac{47,5 \cdot \left(1 - \frac{176}{850}\right)}{8} = 4,7 \leq [n] \quad (5.70)$$

$$2,5 \leq [n] \leq 5$$

Умови нормальної роботи із запасу міцності виконуються.

Запас міцності по пластичних деформаціях дорівнює:

$$n = \sigma_m / \sigma_{np} \quad (5.71)$$

де

σ_{np} - наведена напруга, МПа

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_c^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (5.72)$$

Визначимо дотичні напруження в стрижні болта

$$\tau = M_{кр.} / 0,2 \cdot d^3 \quad (5.73)$$

де

$M_{кр.}$ - момент, що закручує болт при затягуванні, Нм

$$M_{кр.} = P_0 \cdot d_2 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{s}{\pi \cdot d_2} + f' \right), \quad (5.74)$$

Де

$$d_2 = 0,0447 \text{ м};$$

$$s = 0,5;$$

$$f' = 0,2$$

Тоді:

$$M_{кр.} = 216 \cdot 10^3 \cdot 0,0447 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{0,005}{3,14 \cdot 0,0447} + 0,2 \right) = 116 \text{ Нм} \quad (5.75)$$

Дотичні напруження рівні

$$\tau = 1160 / 0,2 \cdot 0,04^3 = 90 \cdot 10^6 \text{ Па} \Rightarrow 90 \text{ МПа} \quad (5.76)$$

Визначимо нормальна напруга, що діє в поперечному перерізі болта:

$$\sigma_c = P_p / F \Rightarrow 228,9 \cdot 10^3 / 1,26 \cdot 10^{-3} = 1,82 \cdot 10^8 \text{ Па} \Rightarrow 182 \text{ МПа} \quad (5.77)$$

Підставляючи отримані значення у формулу (5.72) одержимо:

$$\sigma_{пр.} = \sqrt{182^2 + 3 \cdot 90^2} = 240 \text{ МПа} \quad (5.78)$$

Запас міцності дорівнює

$$n = 630 / 240 = 2,63 \quad (5.79)$$

$$1,5 \leq [n] \leq 2,8$$

Умови нормальної роботи із запасу міцності для пластичної деформації виконуються.

Визначимо момент на ключі, необхідний для забезпечення затягування.

$$M_{кл.} = 0,2 \cdot P_{зат.} \cdot d_o \Rightarrow 0,2 \cdot 216 \cdot 10^3 \cdot 0,048 = 2080 \text{ Н·м} \quad (5.80)$$

Навантаження на один призонний болт:

$$T = \frac{Q}{16} + \frac{M_k}{16 \cdot R} \Rightarrow \frac{1423 \cdot 10^4}{16} + \frac{1067 \cdot 10^4}{16 \cdot 1,75} = 127 \cdot 10^3 \text{ Н} = 127 \text{ кН} \quad (5.81)$$

Сила тертя в стику, що доводиться на один призонний болт при затягуванні нормального болта силою $P_{\text{зат.}}$ дорівнює:

$$F_{\text{тр.}} = 28 \cdot f \cdot P_{\text{зат.}} / 16 \Rightarrow 28 \cdot 0,15 \cdot 216 \cdot 10^3 / 16 = 56,7 \text{ кН} \quad (5.82)$$

Сила, що зрізує один призонний болт

$$F_{\text{ср.}} = T - F_{\text{тр.}} \Rightarrow 127 - 56,7 = 70,3 \text{ кН} \quad (5.83)$$

Напруження в призонних болтах від дії сили, що перерізує, і крутного моменту становлять:

$$\tau_{\text{ср.}} = F_{\text{ср.}} / f_6, \quad (5.84)$$

де

f_6 - площа одного призонного болта, м^2 ; $f_6 = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$

$$\tau_{\text{ср.}} = 70,3 \cdot 10^3 / 1,96 \cdot 10^{-3} = 36 \text{ МПа} \leq [\tau] = 126 \text{ МПа} \quad (5.85)$$

В результаті проведених розрахунків було визначено сили, що діють на болти та крутні моменти, які виникають при роботі. На основі цього було визначено напруження у болтах. Напруження в мажах допустимих $36 \text{ МПа} \leq 126 \text{ МПа}$.

5.3.4 Розрахунок пружної муфти

Пружна муфта з'єднує вихідний вал редуктора з валом установки приводної шестірні

Визначимо крутний момент:

$$M_{кр.} = \frac{9740 \cdot N_{дв} \cdot \eta_p \cdot i_p}{n_{эл.}}, \quad (5.86)$$

де

η_p, i_p - К. П. Д, передаточне число редуктора, η_p - 0,95, i_p - 13,05

$n_{эл.}$ - частота обертання електродвигуна, $n_{эл.} = 1000$ про/хв

$$M_{кр.} = \frac{9740 \cdot 1500 \cdot 0,95 \cdot 13,05}{1000} = 181130 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.87)$$

Розрахунковий крутний момент:

$$M_p = K \cdot M_{кр.}, \quad (5.88)$$

де

K - коефіцієнт запасу, $K = 2,5$

$$M_p = 2,5 \cdot 181130 = 452825 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.89)$$

Визначимо зусилля доводиться на один палець муфти:

$$P = \frac{4 \cdot M_p}{z \cdot D_p}, \quad (5.90)$$

де

z - кількість пальців, $z = 10$

D_p - діаметр ділильної окружності пальців, $D_p = 0,97$ м

$$P = \frac{4 \cdot 452825}{10 \cdot 0,97} = 186732 \text{ Н} \quad (5.91)$$

- Напруга в пальці при вигині дорівнює:

$$\sigma_u = \frac{M_{изг.}}{0,1 \cdot d_n^3}, \quad (5.92)$$

де

$M_{изг.}$ - згинальний момент

$$M_{изг.} = P \cdot l \Rightarrow 186732 \cdot 0,13 = 24275,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.93)$$

де

l - половина ширини гнучких прокладок, $l = 0,13$ м

d_n - діаметр пальця, $d_n = 0,13$ м

$$\sigma_u = \frac{24275,2}{0,1 \cdot 0,13^3} = 110 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 120 \text{ МПа} \text{ для ст. 4} \quad (5.94)$$

- Напруга зминання на робочій поверхні елемента:

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{d_n \cdot S}, \quad (5.95)$$

де

S - робоча довжина пальця, $S = 0,26$ м

$$\sigma_{cv} = \frac{186732}{0,13 \cdot 0,26} = 5,52 \text{ МПа} \leq [\sigma_{див.}] = 10 \text{ МПа} \quad (5.96)$$

В результаті розрахунку було визначено сили та моменти, що діють на пружну муфту та напруження, що виникають. Визначені напруження не перевищують допустимі.

5.3.5 Розрахунок на міцність цапфи

Розміри й фізичні характеристики цапфи:

- зовнішній діаметр $D = 2,8$ м
 - внутрішній діаметр $d = 2,4$ м
 - середній діаметр $D_{ср.} = 2,6$ м
 - товщина $h = 0,2$ м
 - матеріал - сталь 30Л
- $[\tau_{кр.}] = 48 \text{ МПа}, [\sigma_{изг.}] = 80 \text{ МПа}$

Визначимо момент опору перетину цапфи в місці переходу циліндричної частини в конічну.

$$W = 0,1 \cdot D^3 \cdot (1 - (d/D)^4) \Rightarrow W = 0,1 \cdot 2,8^3 \cdot (1 - (2,4/2,8)^4) = 1,01 \text{ м}^3 \quad (5.97)$$

Крутний момент на цапфі визначимо по формулі:

$$M_{\text{кр.}} = 9550 \cdot N' / n, \quad (5.98)$$

де

N' (- потужність, підведена від електродвигуна, з урахуванням втрат.

$$N' = N_{\text{эл.}} \cdot \eta_p \cdot \eta_{\text{з.п.}} \cdot \eta_m, \quad (5.99)$$

де

η_p - К. К. Д. редуктора, 0,95

$\eta_{\text{з. п.}}$ - К. К. Д. зубчастої передачі, 0,93

η_m - К. К. Д. муфти, 0,99

$$N' = 1500 \cdot 0,99^2 \cdot 0,95 \cdot 0,93 = 1299 \text{ кВт} \quad (5.100)$$

$$M_{\text{кр.}} = 9550 \cdot 1,25 \cdot 1299 / 13 = 11,93 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.101)$$

Визначимо критичне дотичне напруження.

$$\tau_{\text{кр.}} = M_{\text{кр.}} / 2 \cdot W \Rightarrow 11,93 \cdot 10^5 / 2 \cdot 1,01 = 10 \text{ Мпа} \leq [\tau_{\text{кр.}}] = 48 \text{ Мпа} \quad (5.102)$$

В результаті проведення розрахунків було визначено крутний момент, що виникає при роботі цапфи та дотичні напруження, які не перевищують допустимі (10 Мпа ≤ 48 Мпа).

5.3.6 Теплові розрахунки

Видовження корпуса млина при нагріванні

Видовження корпуса млина при нагріванні визначається за формулою температурного видовження

$$\Delta l = \alpha_t (t_1 - t_0) L, \quad (5.103)$$

де α_t - коефіцієнт лінійного розширення;

$L=5100$ - відстань між осями підшипників в мм;

$(t_1 - t_0)$ - різниця температур.

Коефіцієнт лінійного розширення сталі в інтервалі температур від 0^0 до 100^0C складає $\alpha_t = 0,000012$.

Приймаючи температуру в не робочому стані в зимових умовах $t_0=-10^0\text{C}$, а в робочому стані в літній період температура млина може досягати $t_1=80^0\text{C}$

$$\Delta l = 0,000012 \cdot (80 + 10) \cdot 5100 = 5,508 (\text{мм}) \quad (5.104)$$

В результаті проведення розрахунку було визначено величину можливого видовження корпусу млина та враховано при конструюванні опорних підшипників.

5.4 Автоматизована система для проектування деталей млина самоподрібнення «ГІДРОФОЛ»

Для полегшення виконання креслень було розроблено програмне забезпечення, що дозволяє автоматизовано виконувати креслення та 3D модель торцевої кришки млина «Гідрофол»[8]. Розроблений інтерфейс забезпечує оперативно оброблювати інформацію та візуально відображати результати з метою вибору найбільш ефективних проектних рішень[9].

Постановка задачі включає в себе розробку програмного забезпечення для автоматичного проектування торцевої кришки млина, що включає креслення деталі та побудову 3D конструкції типу SOLID. Це дозволяє прискорити розробку конструкторської документації та виборі найбільш ефективного проектного рішення.

Метою роботи є створення графічного інтерфейсу для користувача, забезпечення оперативної обробки інформації та інтерактивного відображення результатів.

Математична модель. При розробці програми автоматизованого проектування кришки, як базову використовували систему AutoCAD. Введення і корегування змінних величин, виконується в інтерактивному режимі з використанням мови DCL. Визначення опорних точок конструкції виконується з допомогою мови AutoLISP в середовищі AutoCAD. Побудова примітивів при виконанні креслення та моделюванні 3D конструкції виконується стандартними командами AutoCAD[10,11].

Для виконання креслення деталі використовується наступний алгоритм:

1. Введення, корегування та перевірка даних на помилки.
2. Визначення координат основних опорних точок і виконання креслення загального виду.
3. Виконання виносок та перерізів у заданому масштабі.
4. Друк тексту та встановлення розмірів.

Виконання. Вихідні дані конструкції для виконання креслення вводяться користувачем. Після запуску програми на екрані з'являється діалогове вікно приведенне на Рисунок 5.6. За замовчуванням в активних полях діалогового вікна встановлено значення базових розмірів деталі, що проектується, а саме для млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол» 7.0х2.0.

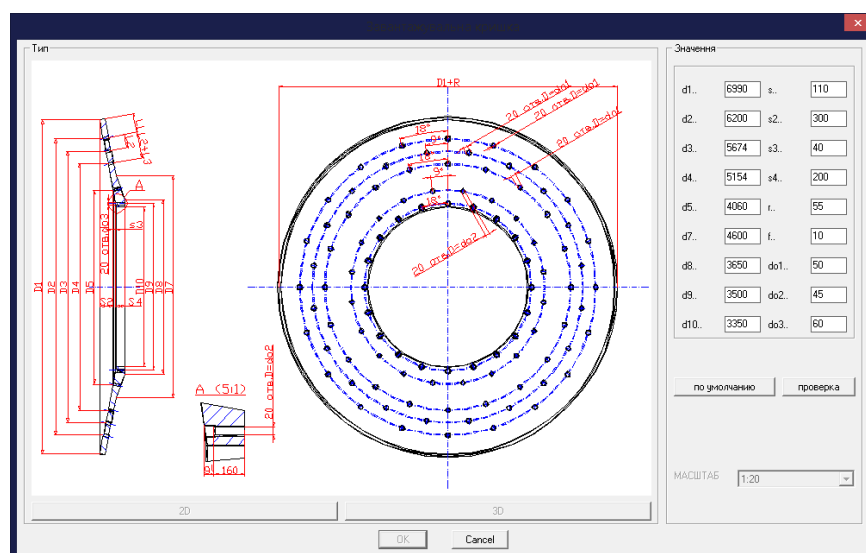


Рисунок 5.6 – Діалогове вікно

В діалоговому вікні, поля у вигляді кнопок мають наступні призначення.

В поля «Значення» вводяться числові дані основних діаметрів, товщину та діаметри отворів.

«Перевірка» – виконується перевірка всіх введених значень. Якщо помилок не виявлено, то заблоковані поля «2D», «3D», «ОК» та масштаб стають доступними. При пуску програми та редагуванні розмірів вони заблоковані. У випадку виявлення помилок у даних, видається відповідне повідомлення та рекомендації для виправлення.

«За замовчуванням» – у всі поля «Значення» вводяться величини базової установки.

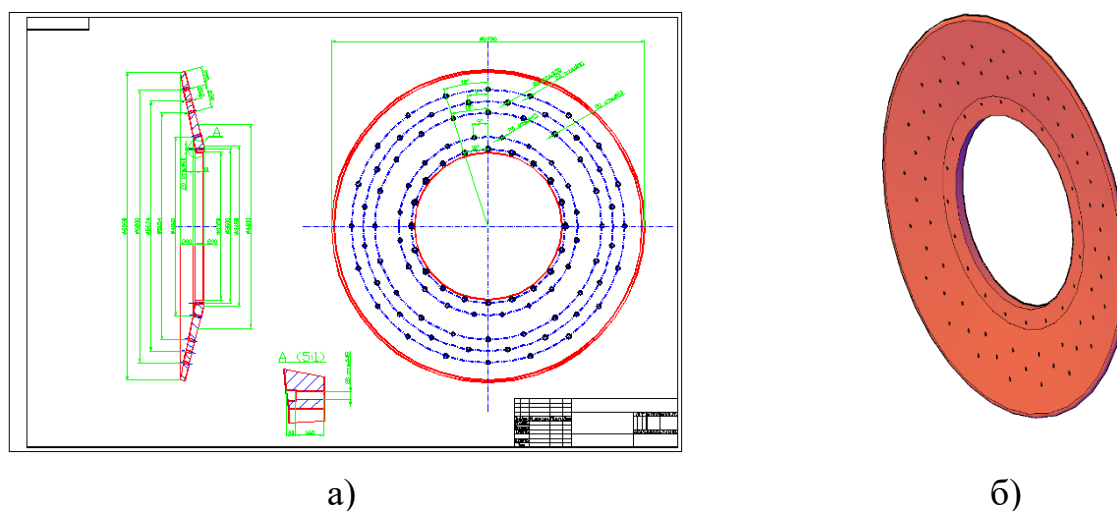
«Масштаб» включає в себе набір, де знаходяться допустимі масштаби креслення. За замовчуванням встановлено масштаб (М1:20).

«2D» – виконується побудова креслення.

«3D» – виконується побудова тривимірної моделі.

«Cancel» – вихід з програми, без виконання креслення та запису значень.

Результати роботи. Після вводу значень розмірів деталі та перевірки їх на коректність, будується креслення або модель типу SOLID. Результати приведено на Рисунок 5.7



а) – креслення деталі; б) – об'ємна фігура типу SOLID.

Рисунок 5.7 – Результати роботи програми

На Рисунок 5.7 показане отриманий результат роботи програми - креслення торцевої кришки та 3D модель типу SOLID при базових значеннях розмірів.

Висновки. Розроблено програмне забезпечення для автоматизованого проектування деталі торцевої кришки млина «Гідрофол», що дозволяє виконувати креслення деталі та конструкції типу SOLID. Розроблено графічний інтерфейс для забезпечення оперативності обробки інформації та інтерактивного відображення результатів з метою вибору найбільш ефективних проектних рішень.

6 МОДЕЛЮВАННЯ ВУЗЛА РОБОЧОЇ КАМЕРИ МЛИНА МОКРОГО САМОПОДРІБНЕННЯ

6.1 Розробка 3D-моделі базового та модернізованого вузла робочої камери млина.

6.1.1 Побудова 3D-моделі базової конструкції млина мокрого самоподрібнення

Побудова 3D-моделі було виконано в програмному комплекті «САТІА» Кожний елемент було виконано у вигляді 2D ескізу та за допомогою необхідних команд перетворено в об'ємну деталь. Після побудови всіх конструктивних елементів конструкції, їх було додано до збірки, де вони були розміщені свої положення та задані необхідні залежності для моделювання цілісної конструкції.

Послідовне виконання моделювання 3D моделі млина мокрого самоподрібнення представлено на Рисунок 6.1 - Рисунок 6.8

Для побудови об'ємних моделей всіх конструктивних елементів створювались окремі ескізи. Приклад побудованого ескізу робочої камери приведено на Рисунок 6.1

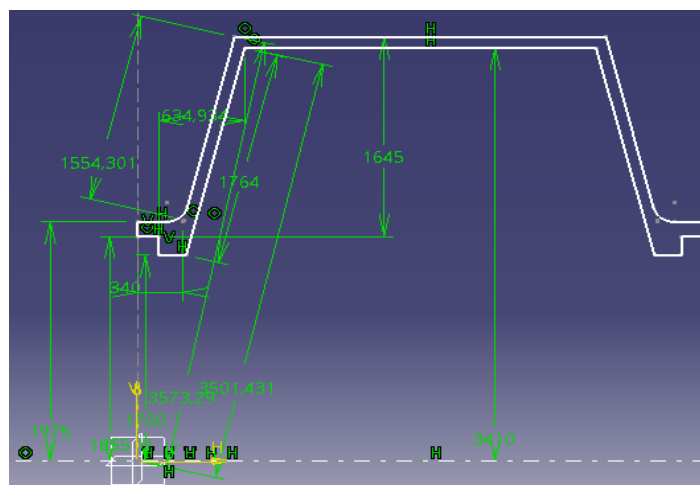


Рисунок 6.1 - Ескіз барабану

В результаті отримано об'ємну модель барабану млина.

Для побудови елементів складної форми та розташування було застосовано додаткові «місцеві» ескізи. Це полегшує конструювання цих елементів та прибирає вірогідність отримання зазорів у результаті проектування. Приклад побудови додаткового ескізу для моделювання ребер жорсткості барабану млина приведено на Рисунок 6.2

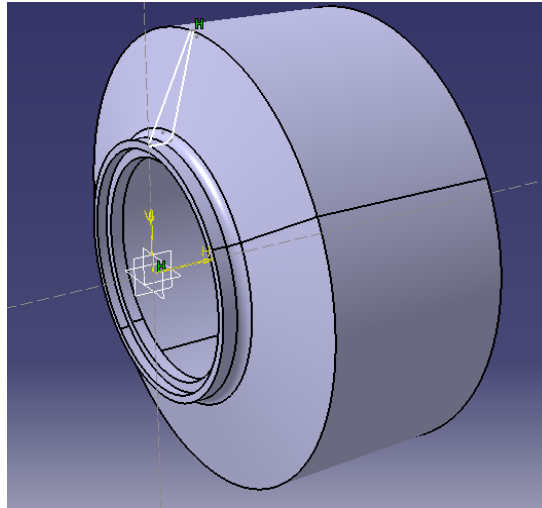


Рисунок 6.2 - Побудований додатковий ескіз для моделювання ребер жорсткості барабану

Після побудови ескізу в попередньому пункті виконується побудова його моделі, яка автоматично додається до вже побудованих фігур. Після цього, за необхідності можна створити масив з певної кількості однакових елементів. Приклад побудованого масиву елементів жорсткості барабану приведено на Рисунок 6.3

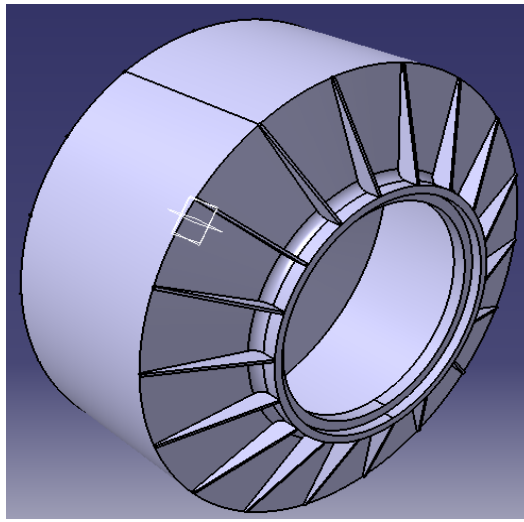


Рисунок 6.3 - Модель барабану з додатковими елементами жорсткості

Аналогічно виконується побудова всіх деталей млина:

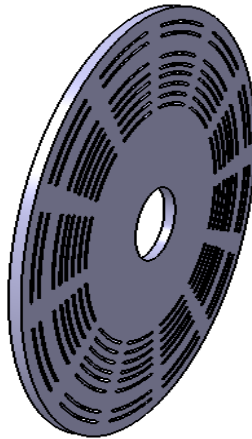


Рисунок 6.4 – Модель розвантажувальних ґрат

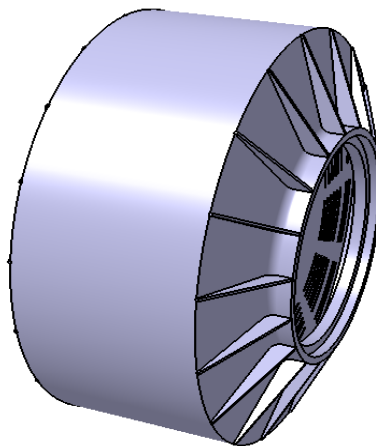


Рисунок 6.5 – Побудований вузол робочої камери

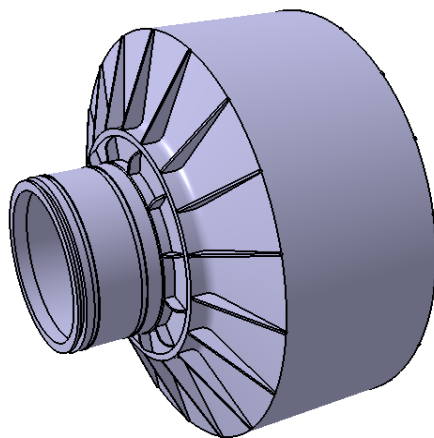


Рисунок 6.6 – Побудована модель завантажувальної цапфи

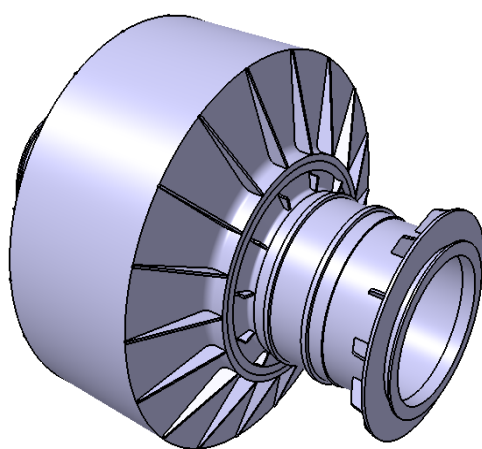


Рисунок 6.7 – Побудована модель розвантажувальної цапфи

Для наглядної демонстрації побудови було виконано поперечний переріз:

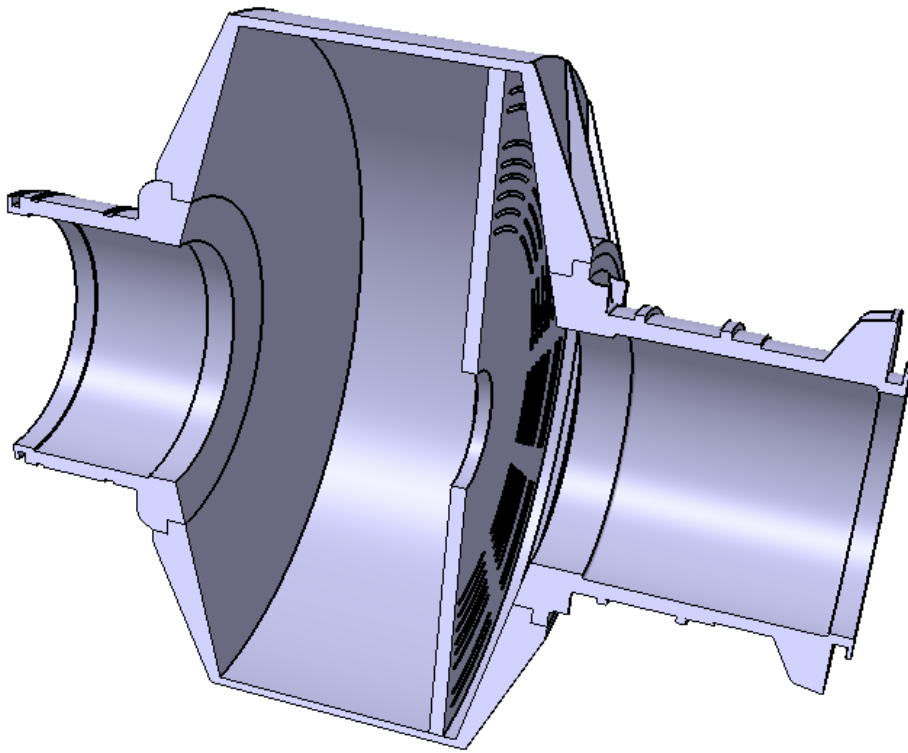


Рисунок 6.8 – Модель млина мокрого самоподрібнення у розрізі

Отриману модель млина мокрого самоподрібнення збережено в файл з розширенням «.stp» для подальшого розрахунку на міцність.

6.1.2 Побудова 3D-моделі модернізованої конструкції млина мокрого самоподрібнення

Для перевірки працездатності розробленої модернізації млина мокрого самоподрібнення виконується побудова 3D моделі модернізованого млина для подальшого розрахунку.

Побудова 3D було виконано в програмному комплекті «САТІА» Кожний елемент 3D моделі млина було виконано у вигляді 2D ескізу та за допомогою необхідних команд перетворено в 3d деталь. Після створення всіх деталей, їх було додано до файлу збірки, де вони були розміщені на своє положення та задані всі необхідні залежності для моделювання цілісної конструкції.

Побудови 2-D ескізів виконувались аналогічно до попереднього пункту.

Для полегшення моделювання модернізованої конструкції млина мокрого самоподрібнення було використано вже побудовані деталі базової конструкції, які мають аналогічні розміри та характеристики (барабан, завантажувальна цапфа та розвантажувальна цапфа)

Послідовне виконання моделювання 3D моделей всіх інших деталей представлено на Рисунок 6.9- Рисунок 6.14

Далі виконується побудова моделі з обраного ескізу. Приклад побудови 3D моделі зовнішньої стінки кільцевої камери приведено на Рисунок 6.9

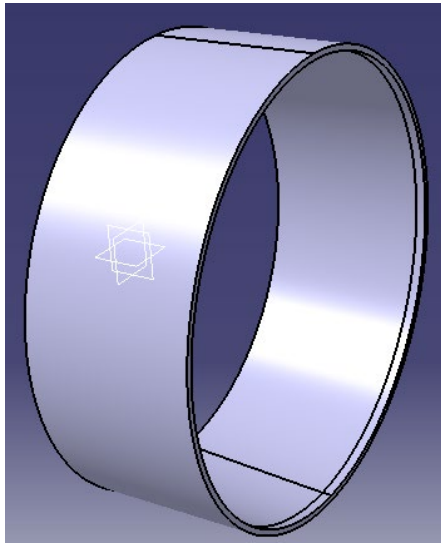


Рисунок 6.9 - 3D модель зовнішньої стінки кільцевої камери

Аналогічно виконується побудова всіх інших конструктивних елементів млина:

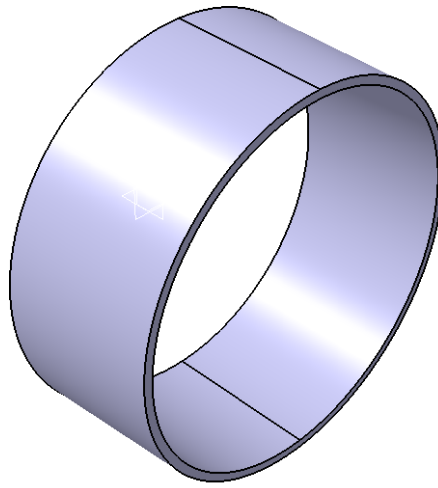


Рисунок 6.10 - Побудована модель внутрішньої стінки кільцевої камери

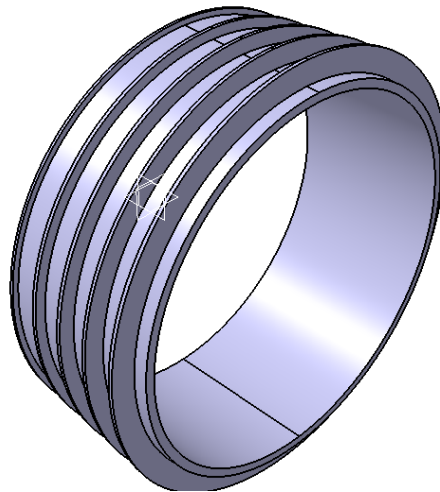


Рисунок 6.11 - Побудована модель гвинтового конвеєру

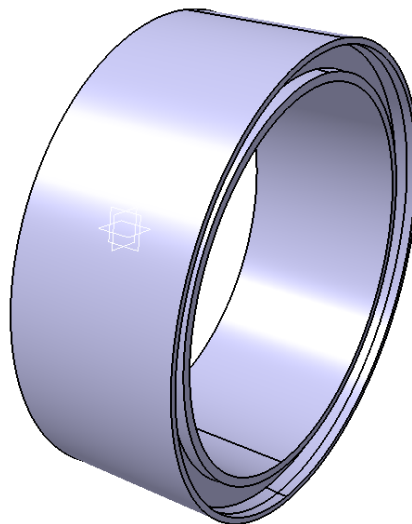


Рисунок 6.12 - Побудована модель зовнішньої стінки кільцевої камери

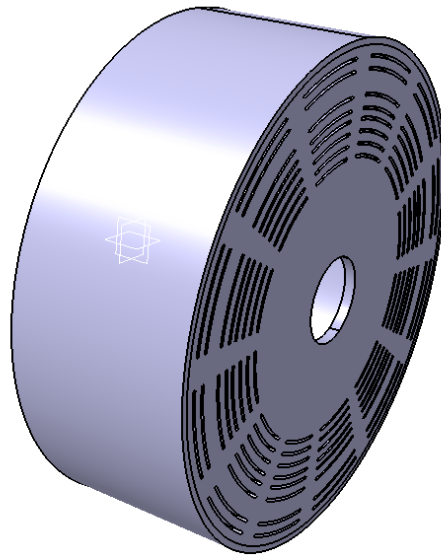


Рисунок 6.13 - Побудована модель розвантажувальних ґрат

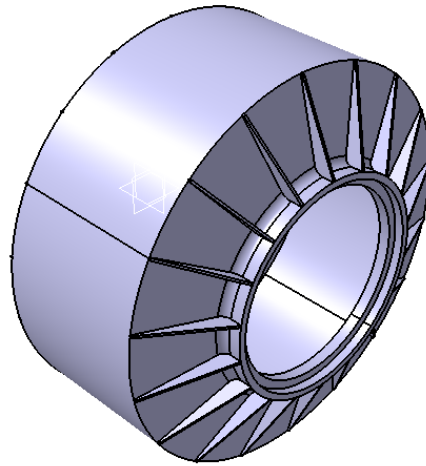


Рисунок 6.14 - Побудована модель барабану

Для наглядності конструкції модернізованого млина мокрого самоподрібнення було виконано переріз в повздовжньому напрямку

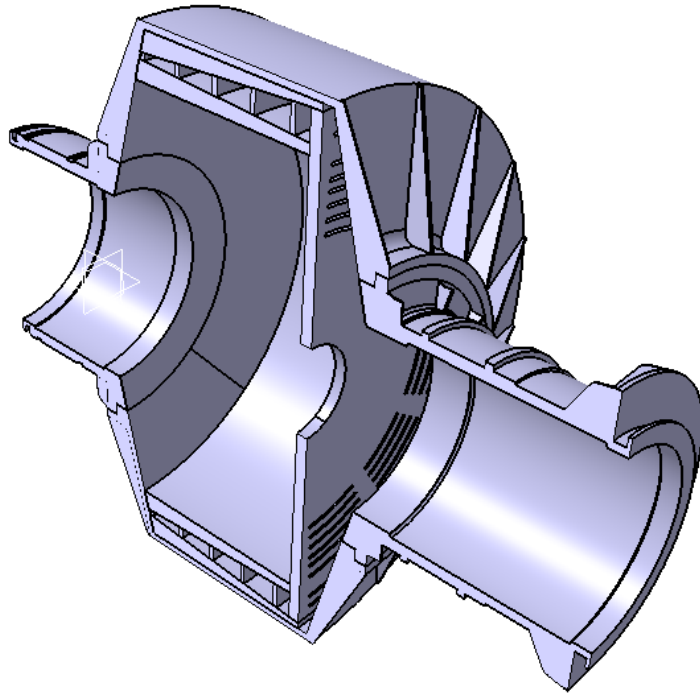


Рисунок 6.15 - Для наглядності конструкції модернізованого млина мокрого самоподрібнення було виконано переріз в повздовжньому напрямку

Після побудови всіх елементів окремо було створено файл збірки, куди додаються всі побудовані моделі. В збірці деталі розміщуються згідно конструкції. Для цього їм надаються обмеження щодо положення відносно інших деталей збірки

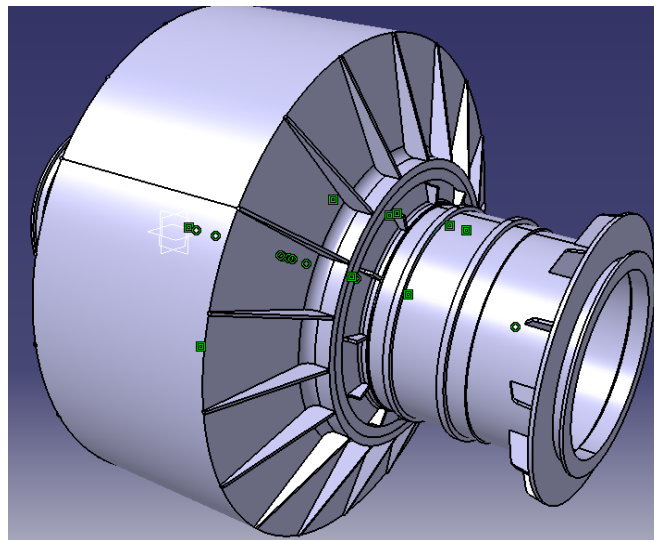


Рисунок 6.16 - Готова 3D модель модернізованого млина мокрого сама подрібнення

6.1 Розрахунок базової моделі млина мокрого самоподрібнення

Для розрахунку та визначення напружень, що виникають при роботі млина мокрого самоподрібнення в даній роботі було використано програмний комплекс «ANSYS». ANSYS — програмне забезпечення дозволяє вирішувати широке коло задач в областях міцності, тепла, гідрогазодинаміки, електромагнетизму, а також міждисциплінарного аналізу, що об'єднує всі чотири області. Дозволяє проводити оптимізацію конструкції на основі всіх перерахованих типів аналізу.

Програмний комплекс ANSYS відноситься до числа лідерів галузі CAE-продуктів кінцево-елементного аналізу і має майже сорокарічний досвід у вирішенні прикладних задач чисельними методами.[12]

Для розрахунку моделі було використано постановку задачі за якої млин працює в режимі роботи на холостому ході. Було створено розрахункову модель з використанням об'ємної 3-D моделі яка була створена у пункті 6.1.1. Її було імпортовано в середовище проекту, поділено сіткою скінченних елементів та задано матеріал(його властивості). Для імітації закріплення установки на підшипникових опорах, розташованих на цапфах, було створено закріплення. Щоб визначити напруження та деформацію млина в режимі роботи на холостому ході було додано силу тяжіння. Послідовність розрахунку приведено на Рисунок 6.17 - Рисунок 6.20

1. Створену модель у пункті 6.1.1 імпортуємо в середовище проекту:

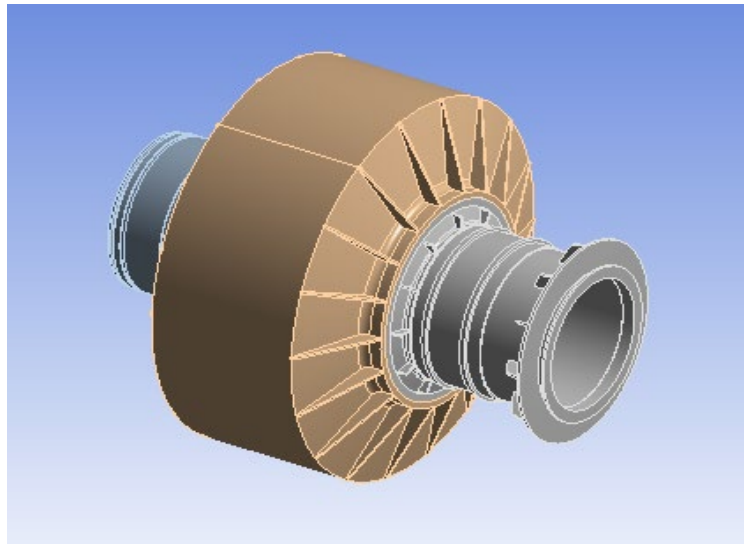


Рисунок 6.17 – Імпортована 3-D модель

2. Імпортовану модель розбиваємо на сітку скінченних елементів:

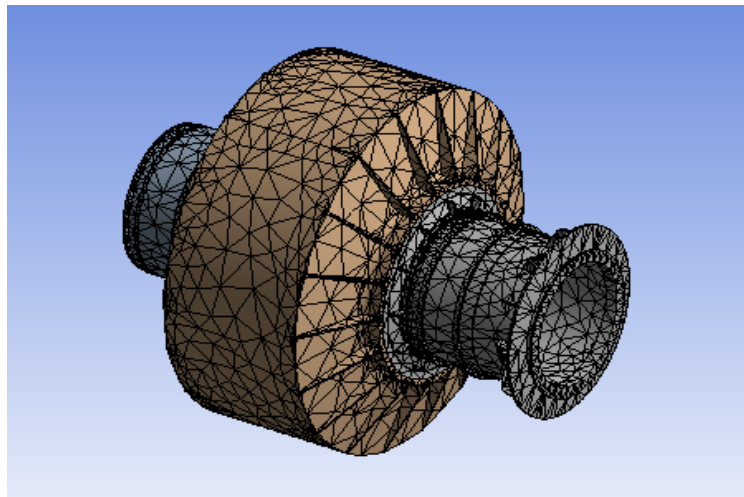


Рисунок 6.18 – 3-D модель поділена на сітку скінченних елементів

3. Створюємо закріплення для імітації опор на цапфах млина:

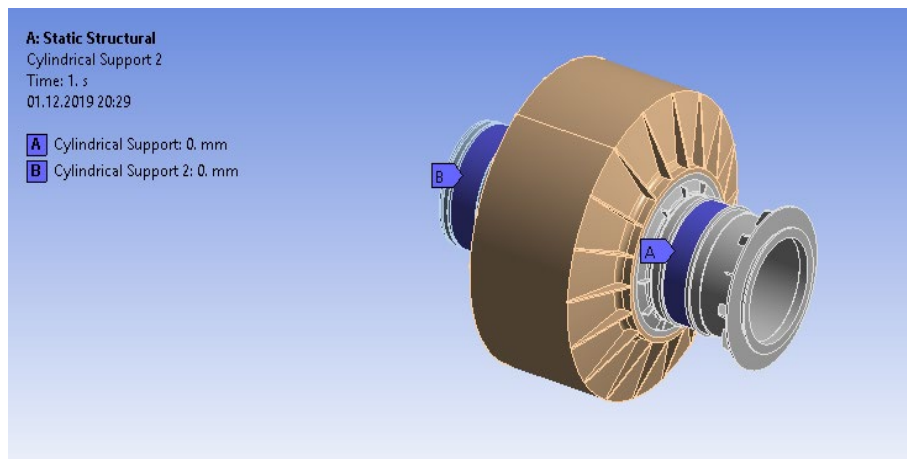


Рисунок 6.19 – Розташування закріплень

4. Створюємо гравітаційну силу, що діє перпендикулярно до вісі обертання млина:

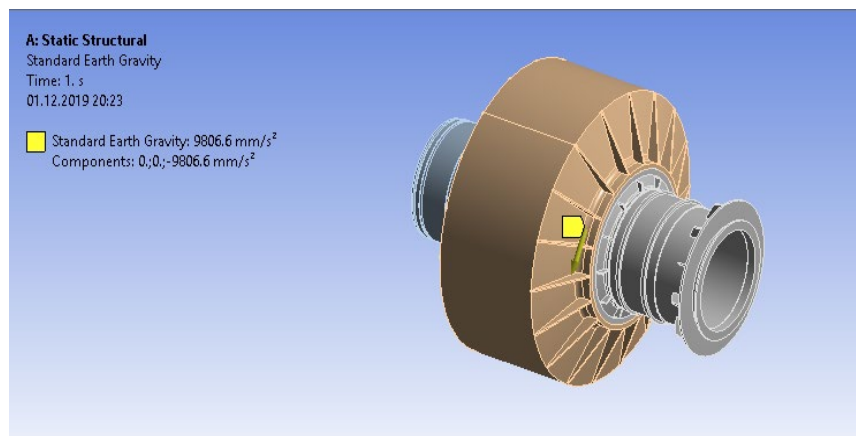


Рисунок 6.20 – Сила гравітації

5. Результати розрахунку базової конструкції млина мокрого самоподрібнення від дії сили тяжіння представлено на

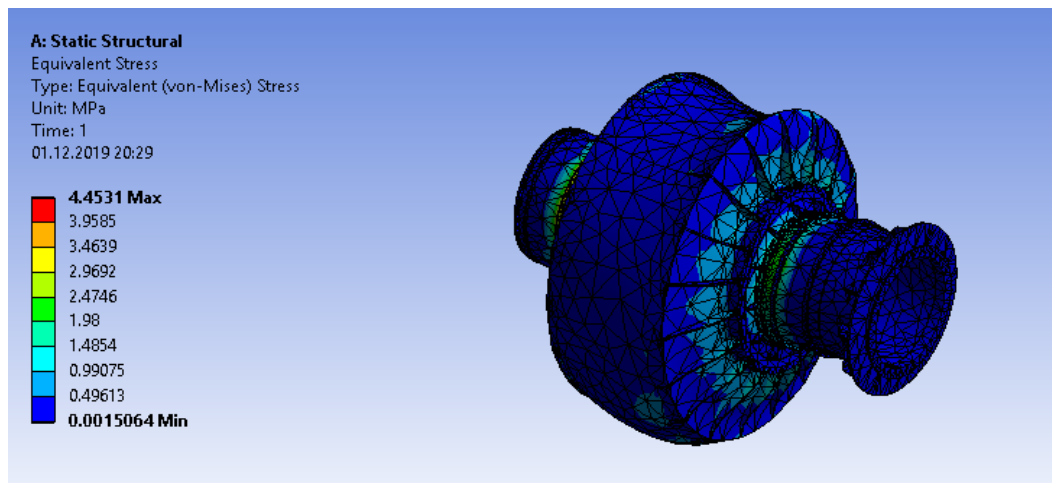


Рисунок 6.21 – Розподіл приведених за мізесом напружень.

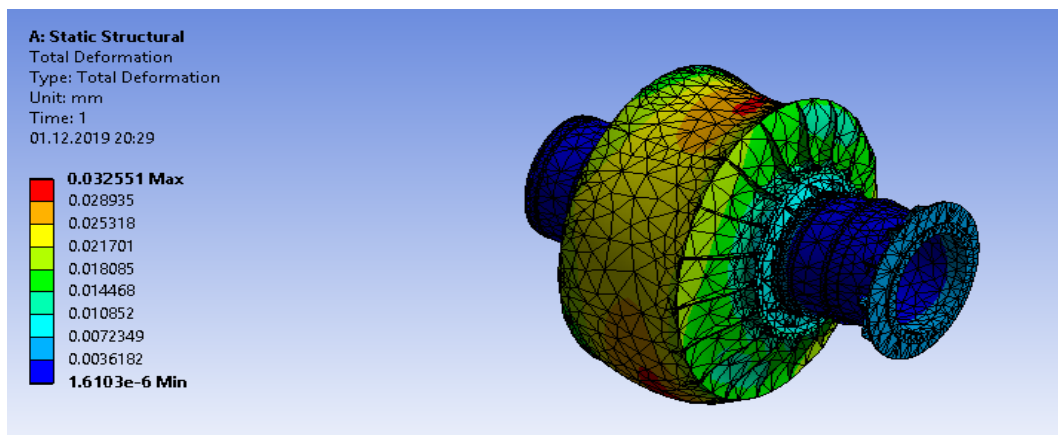


Рисунок 6.22 – Переміщення млина під дією сили власної ваги.

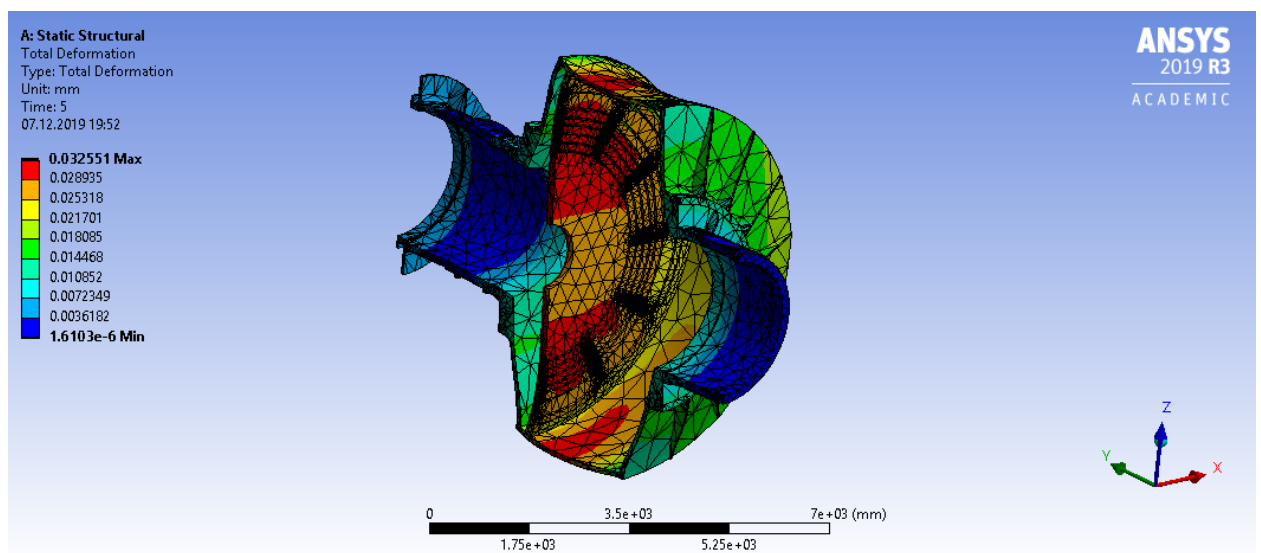


Рисунок 6.23 – Переміщення млина під дією сили власної ваги(млин у розрізі).

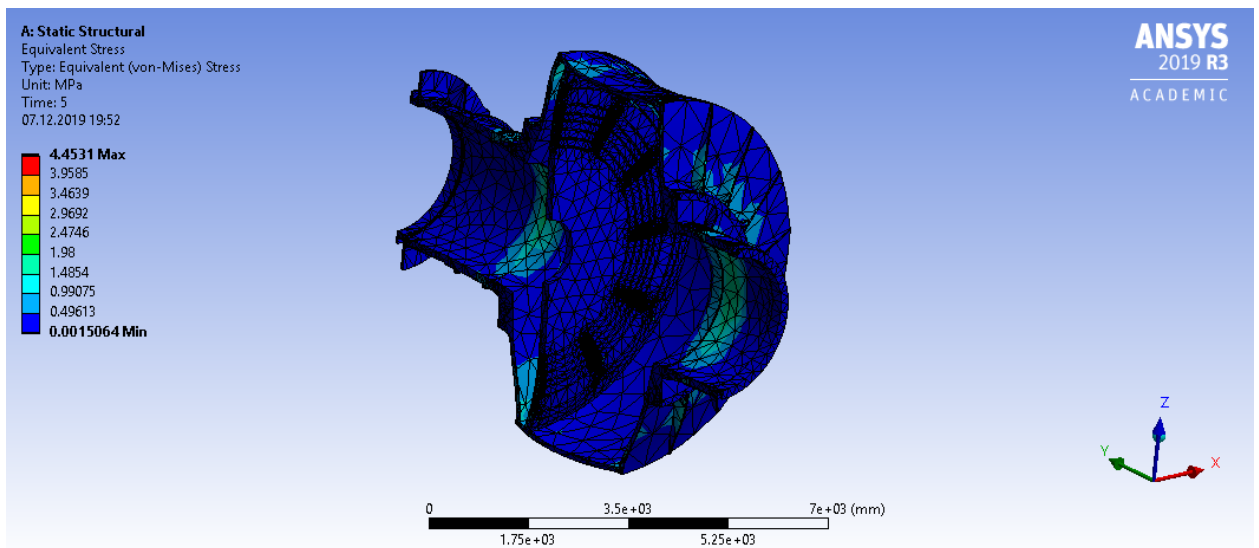


Рисунок 6.24 – Розподіл приведених за мізесом напружень(млин у розрізі)

Як видно з результатів розрахунку максимальні приведені напруження напруження за мізесом складають 4,45МПа, максимальні переміщення складають 0,03 мм.

Визначення допустимих напружень

Допустимі напруження отримують з виразу:

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_{-1}}{n} = \frac{0,435 \cdot \sigma_{BP}}{n} \quad (6.1)$$

де n – запас міцності обертового апарату, що враховує специфіку її експлуатації, наявність зварених швів, приймаємо $n=4$.

Так як матеріалом корпусу є сталь ВСТ-3 та М16С, з межею міцності $G_{вр}=370-640$ Мпа, то підставивши це значення у приведену формулу отримаємо:

$$[\sigma] = \frac{0,435 \cdot 415}{4} = 45,13 \text{ МПа} \quad (6.2)$$

Величина розбіжності викладана тим, що конструкція була розрахована без урахування ваги матеріалу та динамічних сил, що виникають у процесі роботи.

З урахуванням розміру коефіцієнта запасу міцності конструкцію можна вважати працездатною.

6.2 Розрахунок 3d моделі модернізованого млина мокрого самоподрібнення

Для перевірки та підтвердження працездатності модернізованого млина мокрого самоподрібнення аналогічно до попереднього пункту було виконано розрахунок конструкції млина методом скінченних елементів. Послідовність виконання наведено на Рисунок 6.25 - Рисунок 6.28:

1. Створену модель у пункті 6.1.2 імпортуємо в середовище проекту:

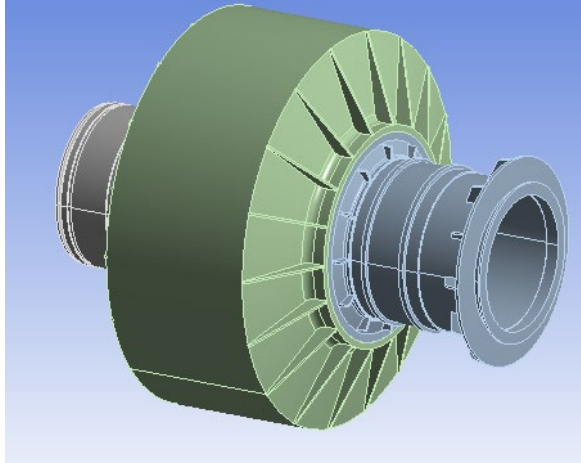


Рисунок 6.25 Імпортована 3D модель млина самоподрібнення для розрахунку

2. Створюємо сітку скінченних елементів:

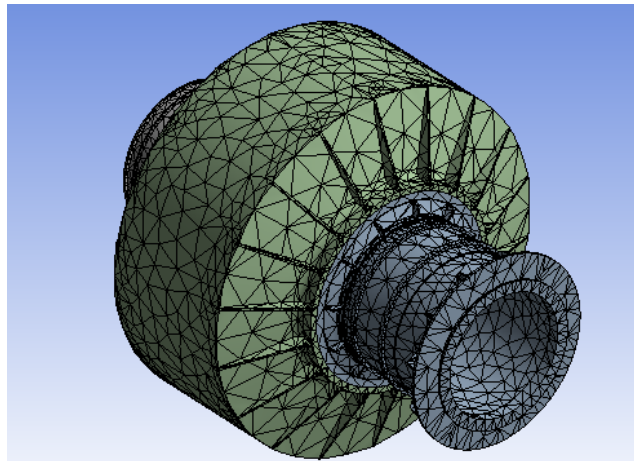


Рисунок 6.26 Згенерована сітка скінних елементів

3. Створюємо закріплення у вигляді двох опорних підшипників на цапфах и додаткове консольне закріплення на кінці розвантажувальної цапфи:

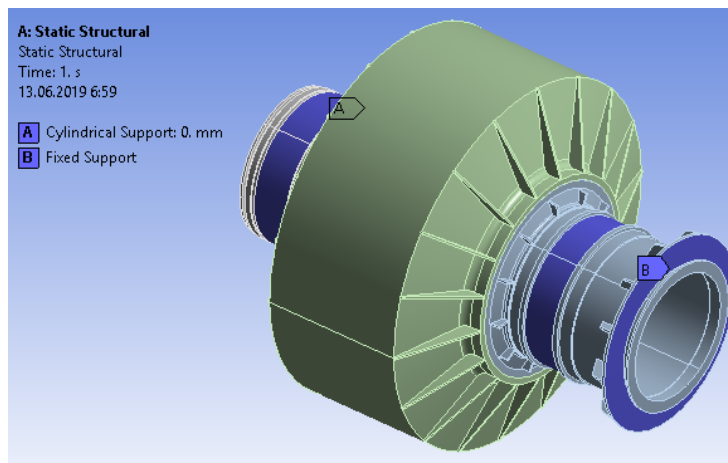


Рисунок 6.27 Створені закріплення млина

4. Створюємо гравітаційну силу, що діє перпендикулярно до вісі обертання млина:

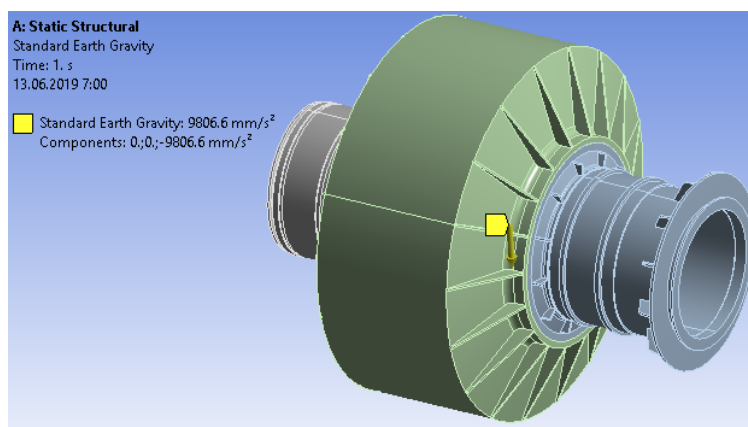


Рисунок 6.28 Задане навантаження від власної ваги

5. Результати розрахунку млина мокрого самоподрібнення від дії сили тяжіння, яка діє на корпус млина представлено на :

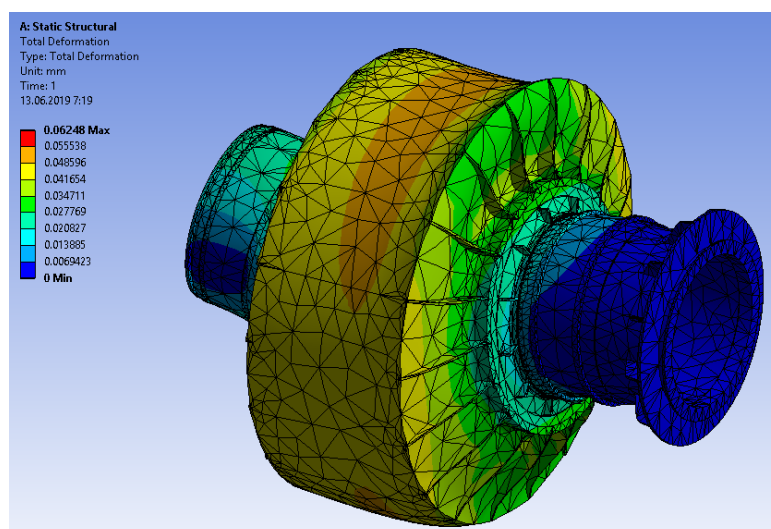


Рисунок 6.29 Переміщення млина під дією сили власної ваги

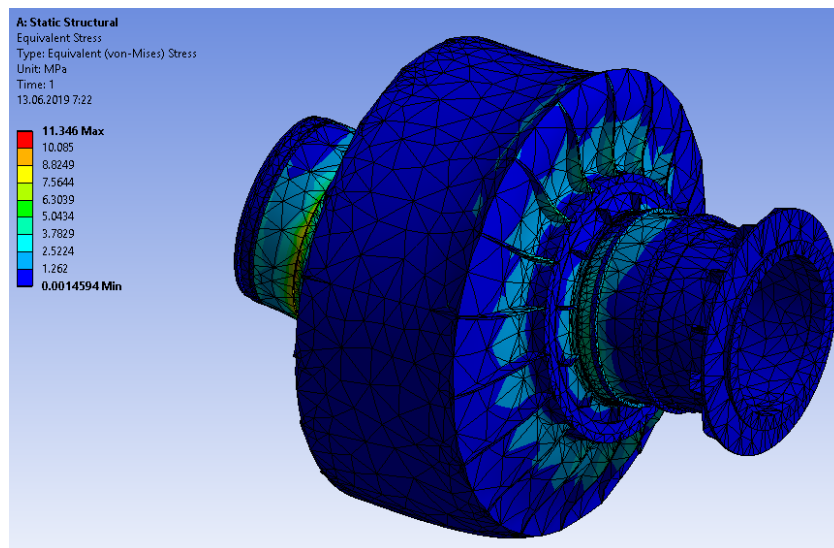


Рисунок 6.30 Розподіл приведених за мізесом напружень від дії сили власної ваги

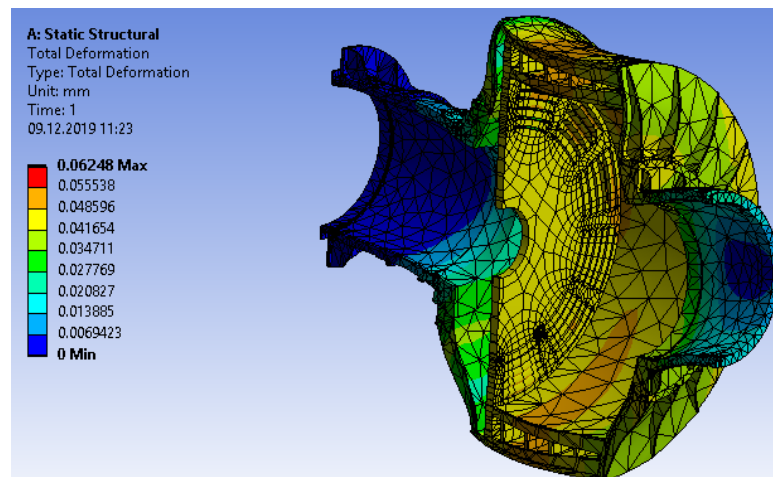


Рисунок 6.31 - Переміщення млина під дією сили власної ваги(млин у розрізі)

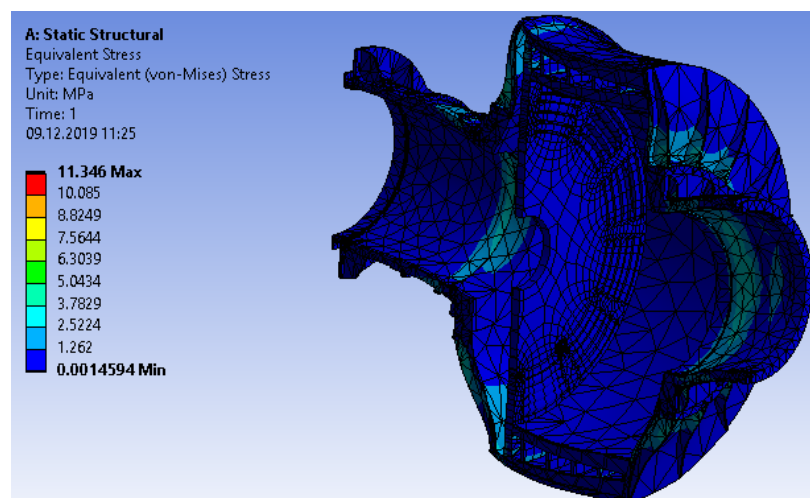


Рисунок 6.32 - Розподіл приведених за мізесом напружень від дії сили власної ваги(млин у розрізі)

6.3 Підтвердження працездатності

Завдяки отриманим результатам в попередньому пункті можна зробити висновки щодо працездатності модернізованої установки.

Нижче приведено напружено деформовані схеми внутрішніх стінок камери подрібнення:

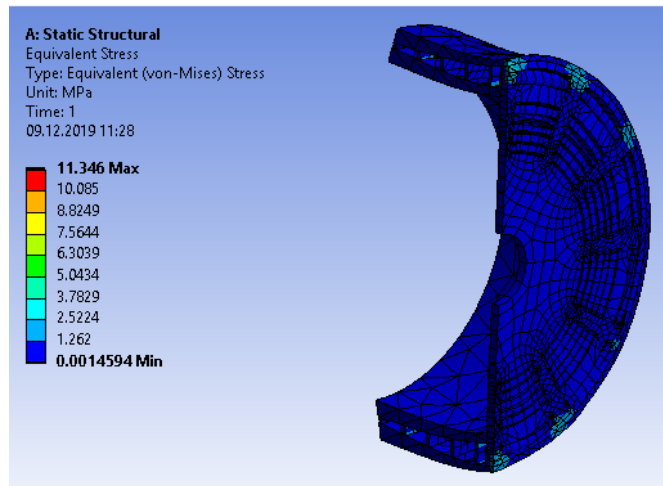


Рисунок 6.33 - Розподіл приведених за мізесом напружень від дії сили власної ваги.

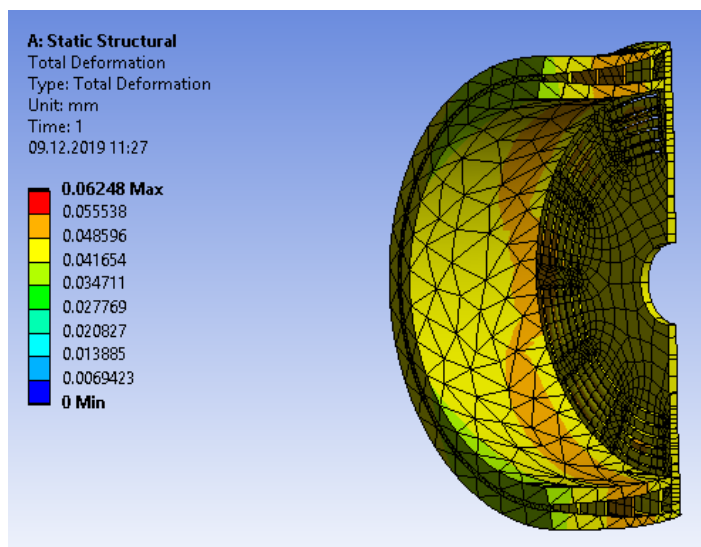


Рисунок 6.34 - Переміщення внутрішніх стінок робочої камери млина під дією сили власної ваги.

Нижче представлено графіки, що описують стан робочої камери до та після модернізації:

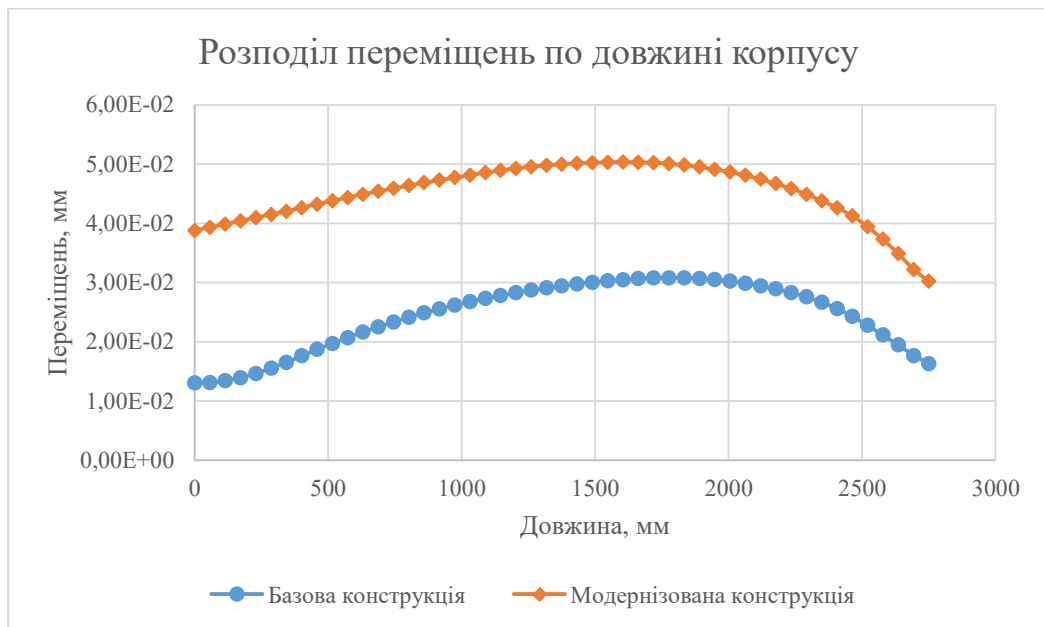


Рисунок 6.35 – Графік розподілу переміщень по довжині корпусу робочої камери

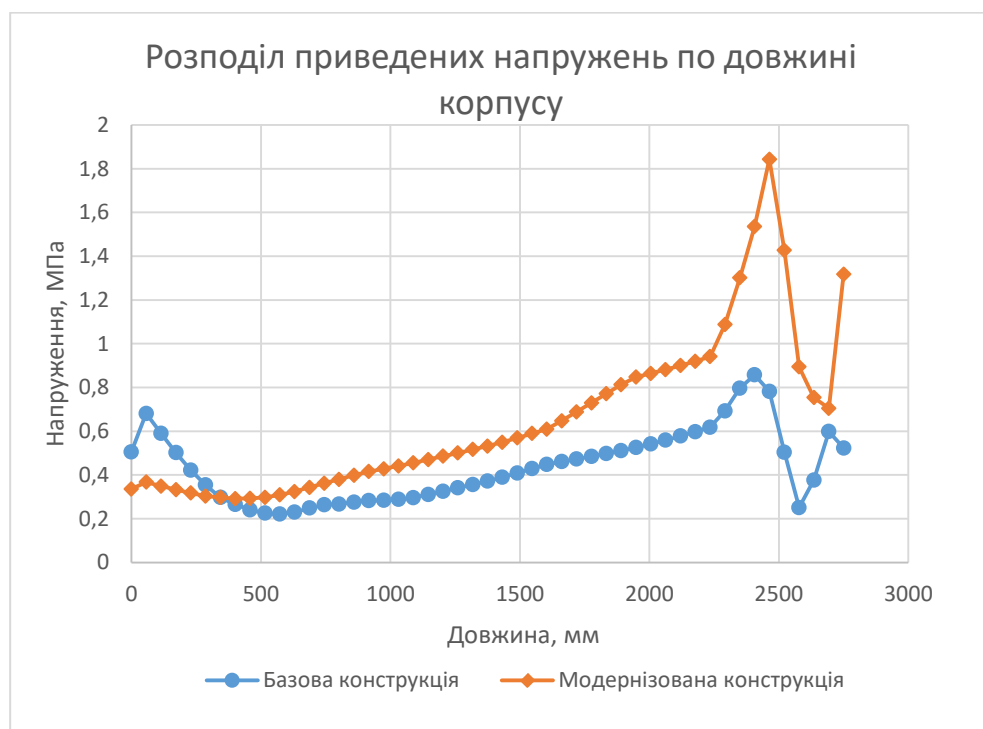


Рисунок 6.36 – Графік розподілу приведених напружень по довжині корпусу робочої камери

Нижче приведено графік розподілу напружень та переміщень по зовнішній стінці зовнішньої кільцевої стінки робочої камери:

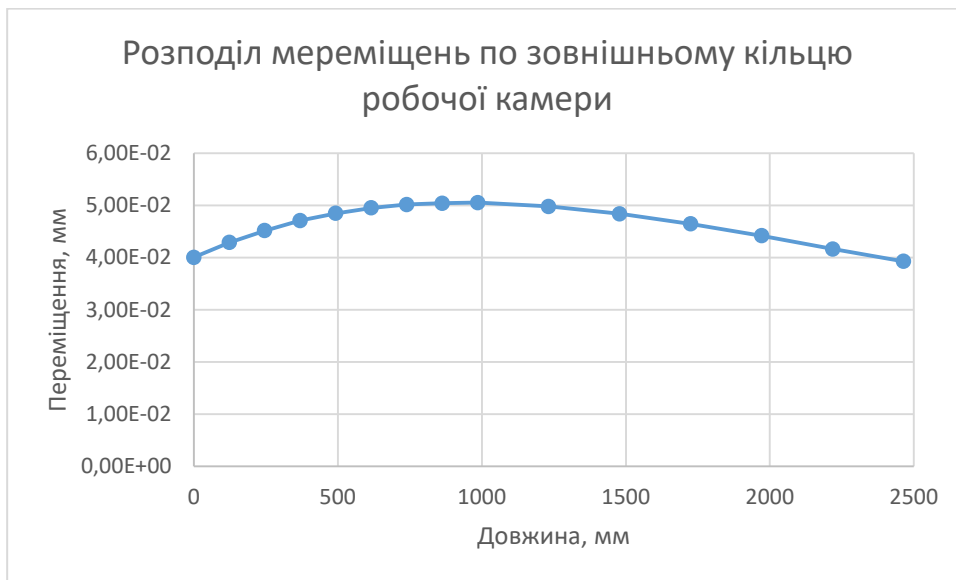


Рисунок 6.37 – Графік розподілу мереміщень по зовнішній стінці зовнішньої кільцевої стінки



Рисунок 6.38 – Графік розподілу приведених напружень по зовнішній стінці зовнішньої кільцевої стінки

Як видно з результатів розрахунку максимальні приведені напруження напруження за мізесом складають 11,34 МПа, максимальні переміщення складають 0,06 мм.

Визначення допустимих напружень

Допустимі напруження отримують з виразу:

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_{-1}}{n} = \frac{0,435 \cdot \sigma_{BP}}{n} \quad (6.3)$$

де n – запас міцності обертового апарату, що враховує специфіку її експлуатації, наявність зварених швів, приймаємо $n=4$.

Так як матеріалом корпусу є сталь ВСТ-3 та М16С, з межею міцності $G_{вр}=370-640$ Мпа, то підставивши це значення у приведену формулу отримаємо:

$$[\sigma] = \frac{0,435 \cdot 415}{4} = 45,13 \text{ МПа} \quad (6.4)$$

Порівнюючи визначені, за допомогою програмного забезпечення, максимальні напруження з допустимими напруженнями, можна зробити висновок, що конструкція має достатній запас міцності для нормальної роботи ($11,34 \text{ МПа} \leq 45,13 \text{ МПа}$).

Висновок. В ході виконання даного розділу було спроектовано та побудовано базову та модернізовану конструкцію млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол» в програмному середовищі САПІА. В результаті отримано твердотільні моделі, які були розраховані на міцність в програмному комплексі ANSYS. Визначені максимальні напруження, що виникають під дією власної ваги базової та модернізованої конструкції. Отримані напруження знаходяться в межах допустимих. Коефіцієнт запасу міцності дає змогу зробити висновок, що запропоноване нове конструктивне виконання млина забезпечить не тільки нормальну роботу млина, а також покращить його характеристики продуктивності та енергоефективності.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона здоров'я робітників, у процесі виконання трудових обов'язків, закріплена в трудовому законодавстві спрямованому на створення безпечних і здорових умов праці. Методологічна основа охорони праці дозволяє виявити можливість виникнення різного роду небезпек при процесі виробництва, а також шляхи їхнього усунення.

Розглянемо процес охорони праці при застосуванні млива по замкнутому циклі з використанням млина типу "Гідрофол". Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини являються:

- повітря робочої зони;
- електронебезпечність;
- природне й штучне освітлення;
- пожежонебезпека;
- виробничий шум, вібрація;

Розглянемо дані фактори й порівняємо їхні дійсні значення із допустимими.

7.1 Повітря робочої зони

Для підвищення продуктивності праці й працездатності робітників необхідні стабільні метеорологічні умови, а саме: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

При обслуговуванні розглянутого виробництва робітники виконують роботи середньої важкості, що відносяться до категорії II б. Енерговитрати організму при виконанні даних робіт становлять 200-250 ккал/год, що, задовольняє нормам ГОСТ 12 1.005-88.

Приміщення має площа рівну $S=500$ м. висота - $h=10$ м. Обчислимо об'єм приміщення: $V=S \times h \Rightarrow 500 \times 10=5000$ м³. У цеху працюють 6-8 чоловік. Тому на одну людину припадає $s_q=S/8 \Rightarrow 500/8=62,5$ м² і $V_q=V/8 \Rightarrow 5000/8=625$ м. Згідно СН 245-71 на одну людину повинно відводитися не менш 4,5 м² площі й не

менш 15 м^3 робочого об'єму приміщення. Отже фактичні параметри відповідають нормативним. Виробниче приміщення характеризується технологічним процесом, що пов'язаний з виділенням невибухонебезпечного й негорючого пилу. ГДК пилу для розглянутого виробництва становить 6 мг/м^3 . Фактична концентрація пилу в повітрі відповідає ГОСТ 12.1. 005-88 [13, стор. 72] рівна 0.1 мг/м^3 .

Для очищення повітря застосовується приточна вентиляція, установки якої складаються з наступних елементів; воздухозбірний пристрій, воздуховод, фільтр, калорифер, вентилятор, приточні отвори. Фільтр, калорифер і вентилятор установлені спільно - створюючи вентиляційну камеру.

Для даного типу виробничого приміщення застосована повітряна система опалення. Вона характеризується тим, що повітря, яке подається, попередньо нагрівається в калориферах. Нагріте повітря подається по системі повітроводів. Вибір систем вентиляції й опалення вироблявся згідно СНІП 2.04.05-84[13,табл..10.9].

7.2 Електронебезпечність

За небезпекою уразки людей струмом, дане виробництво можна віднести до виробництва з підвищеною небезпекою, що характеризується наявністю струмопровідних (залізобетонних) підлог, згідно ПУЗ.

Привід млина здійснюється від електродвигуна СДМ-15-49-6. Споживаний мережею струм - напруга 220/380 В, частота 50 Гц із глухо заземленою нейтраллю.

Для захисту працюючих від враження електричним струмом застосовують наступні заходи:

- ізоляція струмоведучих частин;
- недоступність струмоведучих частин;
- блокування безпеки;
- орієнтація в електроустановках;
- ізоляція від землі;

Для захисту від струмів короткого замикання й перевантажень застосовуються автоматичні вимикачі, апаратури керування електроприводом розташована в шафі закритого типу. Корпус шафи й електродвигуна приєднаний до заводського контуру заземлення.

7.3 Освітлення

Розглянуте виробниче приміщення по завданнях зорової роботи, згідно СНІП II-4-79 [13, табл.11.5], ставиться до групи I, тобто виробляється розходження об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню (виробничі приміщенні промислових підприємств).

По нормах СНІП II-4-79 [13, табл, 11.6] дане виробництво має VIII розряд зорової роботи (виробляється постійне загальне спостереження за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей у приміщенні мінімальна необхідна освітленість повинна становити 75 лк, КЕО $e_n^{\text{III}}=0,3 \%$).

7.4 Пожежонебезпека

У процесі виробництва переробляється матеріал, що, є шихта для виробництва клінкера, що є негорючою речовиною, її обробка виробляється в холодному стані.

Згідно ОНТП 24-86 (Виробничі будинки промислових підприємств.

Норми проектування) [13, табл. 13.9], дане приміщення ставиться до категорії Д

(неспаленні речовини й матеріали в холодному стані). Ступінь вогнестійкості будинку - категорія V. Виходячи з вимог СНІП 2.01. 02-85 найбільша допустима площа поверху між протипожежними стінами дорівнює 1500 м².

По СНІП 2.9.02-85 найбільша припустима відстань від найбільш віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу при щільності людського потоку в загальному проході:

- до $1 \text{ чол/м}^2 = 120 \text{ м}$
- понад 1 до $3 \text{ чол/м}^2 = 70 \text{ м}$
- понад 3 до $5 \text{ чол/м}^2 = 50 \text{ м}$

Пожежна безпека може бути забезпечена мірами пожежної профілактики, які включають комплекс заходів, які попереджають виникнення пожежі або зменшують можливий матеріальний збиток.

Проектування виробничого приміщення здійснювалося з урахуванням вимог

ГОСТ 12.1.004-85: наявність евакуаційних виходів, ширина ділянок шляхи евакуації повинні становити більше їх, ширина вихідних дверей - 2-3 м, наявність вогнегасників, пожежної сигналізації, спеціального інвентарю призначеного для гасіння пожежі.

По вимогах типових правил пожежної безпеки промислових підприємств для приміщень категорії Д необхідно мати: два вуглекислотних вогнегасники типу ОУ-8.

7.5 Шум

У розглянутому виробництві шум виникає через тертя, биття вузлів

безпосередньо процесу самоподрібнення. Він є постійним і носить механічний характер. Величина звукового тиску при роботі машині дорівнює 90 дБА, що більше припустимого значення 75 дБА, згідно ДСН 3.3.6.037-99 .

У даному млині для зниження рівня шуму застосовують гумові прокладки, які встановлюються між корпусом млина й робочими плитами, також до зниження шуму приводить заміна прямозубих зубчастих передач на косозубі. Завдяки заходам зниження рівня шуму, фактичний рівень шуму 75 дБА, що відповідає допустимому значенню.

8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Метою розділу є проведення маркетингового аналізу розробленого стартап проекту з метою визначення можливості його ринкового впровадження та ймовірних напрямів реалізації цього впровадження.

8.1 Опис ідеї стартап-проекту

Опис ідеї стартап-проекту наведений у

Таблиця 8.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея полягає у створенні підприємства яке має на меті виготовлення модернізованої конструкції млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол», інших видів млинів з метою подальшого продажу та модернізацію застарілого обладнання.	1. Розробка, конструювання, монтаж та подальше обслуговування модернізованих млинів «Гідрофол».	Клієнт отримує повний спектр послуг спрямованих на розробку , виготовлення та обслуговування млинів.
	2. Розробка, конструювання та обслуговування машин для помолу матеріалів.	Клієнт отримує повний спектр послуг спрямованих на розробку , виготовлення та обслуговування замовлених машин.
	3. Модернізація існуючого застарілого обладнання.	Клієнт отримує послуги модернізації застарілих конструкцій та обладнання.
	4. Обслуговування існуючого обладнання.	Клієнт отримує послуги спрямовані на обслуговування та ремонт існуючого обладнання не

		тільки власного виробництва.
--	--	------------------------------

За задумом такий підхід дає можливість надати клієнтам найбільш повний спектр послуг.

Також проведено аналіз потенціальних техніко-економічних переваг ідеї у порівнянні з пропозиціями підприємств-конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних характеристик та властивостей;
- визначено перелік конкурентів, що вже присутні на ринку, та проведено збір інформації значень техніко-економічних показників для власного стартап-проекту та проектів-конкурентів;
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї та визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні)[14].

В Таблиця 8.2 наведено порівняльний аналіз показників ідеї проекту

Таблиця 8.2 Порівняльний аналіз показників ідеї проекту

№ п/п	Характеристики ідеї	(потенційні) послуги конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	«Термо Техно Україна»	SocTrade	Новокрама -торский машино будівний завод			
1.	Розробка, конструювання, монтаж та подальше обслуговування модернізованих млинів	Надає Повний спектр	Не має	Не має	Не має	-	-	+

	«Гідрофол».							
2.	Розробка та конструювання машин для помолу матеріалів	Надає в широкому обсязі	Обмеже на лінійка машин	Обмеже на лінійка машин	Надає в широкому обсязі	-	-	+
3.	Модернізація існуючого застарілого обладнання.	Надається	Не надається	Не надається	Не надається	-	-	+
4.	Обслуговування існуючого обладнання	Надається	Не надається	Не надається	Тільки власного виробництва	-	+	-
5.	Виробництво деталей на підприємстві	Не має	Не має	Не має	має	+	-	-

Згідно з результатами порівняльного аналізу можна зробити висновок, що стартап- проект є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. [14]

8.2 Технологічний аудит ідеї стартап-проекту

В межах даного підрозділу було виконано аудит технології, за допомогою якої можна реалізовувати ідею проекту. Аналіз наведено у Таблиці 8.3

Таблиця 8.3 Технологічна здійсненність ідеї стартап-проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Ідея полягає у	Використання	Для модернізації	Інформаційні

створенні підприємства яке має на меті виготовлення модернізованої конструкції млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол», інших видів млинів з метою подальшого продажу та модернізацію застарілого обладнання.	наявних інформаційних ресурсів та існуючих конструкторських документацій підприємство.	млинів мокрого самоподрібнення типу «Гідрофол» Наявна вся необхідна конструкторська документація та власний патент на корисну модель. Для виготовлення інших видів млинів наявні інформаційні та конструкторські матеріали достатні для виготовлення машин.	ресурси у загальному доступі; конструкторська документація наявна; патент на корисну модель доступний (власний).
--	--	--	--

Обрана технологія реалізації ідеї проекту:

Використання наявних інформаційних ресурсів та існуючих конструкторських документацій підприємство.

З результатів аналізу складових технологічної здійсненності ідеї стартап-проекту можна зробити висновок, що наявний технологічний шлях є доцільним і можливим.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні оператори ринку є приватні підприємства, які виконують замовлення на виготовлення обладнання схожих або аналогічних конструкцій.

Таблиця 8.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од.	3
2	Загальний обсяг продаж, грн	200000000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	стагнує
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Інвестиції
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	65

За попередньою оцінкою ринку, можна зробити висновок, що при достатній інвестиціях ринок стане привабливим для ходження.

8.4 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи Таблиця 8.5

Таблиця 8.5

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Потреба у якісному та надійному	Підприємства які виробляють цемент	Клієнти цієї групи частіше обирають	- Надійність; - Дешевизна; - Можливість

	обладнанні для помелу матеріалу		машини з найбільшою продуктивністю	подальшого обслуговування; - Продуктивність
2		Підприємства гірничої промисловості	Клієнти цієї групи обирають надійні машини з найменшою ціною та географічно вигідне положення підприємства виробництва	- Надійність; - Дешевизна; - Можливість подальшого обслуговування; - Продуктивність - Близькість підприємства виробника до місця експлуатації машини
3		Дослідницькі лабораторії	Клієнти цієї групи обирають машини з найменшою ціною та високою якістю.	- Дешевизна - Надійність - Якість

Проводимо аналіз пропозиції: визначаємо загальні риси конкуренції на ринку:

Таблиця 8.6 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкуренто-
--------------------------------------	---	--

		спроможною)
1. Тип конкуренції	Олігополія - на ринку функціонує невелика кількість фірм, а бар'єри входу в галузь досить високі.	Більшість підприємств об'єднані в корпорації з іноземним фінансуванням, які і створюють олігополії
2. За рівнем конкурентної боротьби	Локальна – для підприємства основна боротьба в межах регіону його розміщення	Створювати конкурентні переваги, розширювати спектр продукції
3. За галузевою ознакою	-	-
4. Конкуренція за видами товарів:	Товарно-родова – конкуренція між різноманітними видами товарів, що можуть виконувати схожі функції	Конкурентною перевагою може бути характеристики товару або ціна
5. За характером конкурентних переваг	Нецінова: характеристики обладнання Цінова: клієнти бажають отримати найбільш дешеві вироби	Головною конкурентною перевагою є унікальність пропонуємих послуг та характеристик установок.
6. За інтенсивністю марочна/не марочна	Марочна – так як конкуренція регіональна	Контроль якості для завоювання споживача, зниження ціни та нові розробки

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі [14]

Таблиця 8.7 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	1. «Термо Техно Україна» 2. SocTrade 3. Новокрама-торський машинобудівний завод	- Лояльність покупців - Інвестиції - Реклама			
Висновки:	Високий бар'єр проникнення в галузь (створення підприємства), оскільки необхідні значні початкові інвестиції.	Необхідність реклами для поширення продукції. Великі початкові інвестиції. Ринок доволі наповнений (дефіциту немає). Строки виходу на ринок близько року.	Дефіцит деталей відсутній. Основна проблема вартість доставки.	Основними оптовими клієнтами виробники цементних сумішей та гірничий сектор.	Конкуренти замінники відсутні.

За результатами аналізу можна зробити висновок, що при достатній інвестиції у стартап-проект робота на ринку можлива, оскільки має особливості, що не притаманні конкурентам. Тобто сильними сторонами стартап-проекту є такі відмінності, як обслуговування устаткування (навіть не власного виробництва) та модернізація існуючого обладнання.

На основі аналізу конкуренції, наведеного в табл. 8.7, а також з урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 8.2), вимог споживачів до товару (табл. 8.5) визначаємо та обґрунтовуємо перелік факторів конкурентоспроможності. [14]

Аналіз наведено у табл. 8.8:

Таблиця 8.8 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспро- можності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фак- тор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Технологічність обладнання	Підвищення продуктивності праці, покращення якості готових виробів
2	Розміщення підприємства	Наявність клієнтів
3	Надійний постачальник	Безперебійність роботи
4	Інтелектуальна власність	Наявність власних розробок
5	Довготривала підтримка клієнтів	Довготривала підтримка клієнтів з метою виконання ремонтних робіт та обслуговування

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 8.7) проводимо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту:

Таблиця 8.9 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «SocTrade»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Технологічність обладнання						+		
2	Розміщення підприємства							+	
4	Надійний постачальник						+		
5	Інтелектуальна власність						+		
6	Довготривала підтримка клієнтів							+	

SWOT-аналіз є фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту. Він полягає у складанні таблиці (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін[14]

Таблиця 8.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> → Розташування → Технологічність обладнання → Надійний постачальник → Інтелектуальна власність; → Довготривала підтримка клієнтів 	<ul style="list-style-type: none"> → Залежність від деталей → Ціна вище деяких конкурентів → Необхідність оновлення інформаційних ресурсів
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> → Перемога у держ закупівлях. → Участь в тендерах → Співпраця з міжнародними компаніями → Участь у конференціях 	<ul style="list-style-type: none"> → Додаткові податки для підприємств розміщених в межах міста → Період кризи → Впровадження нових технологій конкурентами → Поганий зв'язок науки з виробництвом → Еміграція робочих кадрів → Висока ціна → Конкуренція → Вартість постачання → Якість деталей постачальників

Управлінська проблема:

створення підприємства яке має на меті виготовлення модернізованої конструкції млина мокрого самоподрібнення «Гідрофол», інших видів млинів з метою подальшого продажу та модернізацію застарілого обладнання.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок. Орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок :

1. Пошук закордонного інвестиційного капіталу
2. Переорієнтація виробництва

Таблиця 8.11 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Альтернативи	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1. Пошук закордонного інвестиційного капіталу	Висока при активному пошуку	Близько року
2. Отримання державних дотацій	Висока, оскільки держава зацікавлена у розвитку бізнесу.	1-1,5 року

8.5 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів

Таблиця 8.12 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота вхо- ду у сегмент
1	Компанії з виробництва цементу	Висока	Високий	Середня	Складно
2	Компанії гірничого сектору	Висока	Високий	Середня	Складно
3	Лаботорії	Середня	Середній	Середня	Складно
Які цільові групи обрано: Компанії з виробництва цементу, Компанії гірничого сектору, лабораторії.					

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку:

Таблиця 8.13 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Обрана альтерна- тива розвитку проекту	Стратегія охоп- лення ринку	Ключові конкуренто- спроможні позиції від- повідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	концентрований маркетинг	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Якість, надійність та широкий спектр послуг	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 8.14 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або заборонити існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні, підприємства з схожими послугами наявні на ринку	Буде заборонити існуючих та додавати нових	Ні	Стратегія наслідування лідеру

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування, яка полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект. [14]

Таблиця 8.15 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Вартість Якість Надійність Продуктивність	Планування ризик	Надійність, якість, широкий спектр надання послуг	Надійність як годинник, підтримуємо завжди, виконаємо все і навіть більше

8.6 Висновки

Відповідно до проведеного аналізу, можна зробити висновок, що перспективи впровадження проекту з огляду на основні критерії, що були проаналізовані, вельми привабливі. Можливість комерціалізації також достатня. \

Проект має перспективи до створення, подальшої роботи та розвитку при вдалому плануванні та достатніх інвестиціях.

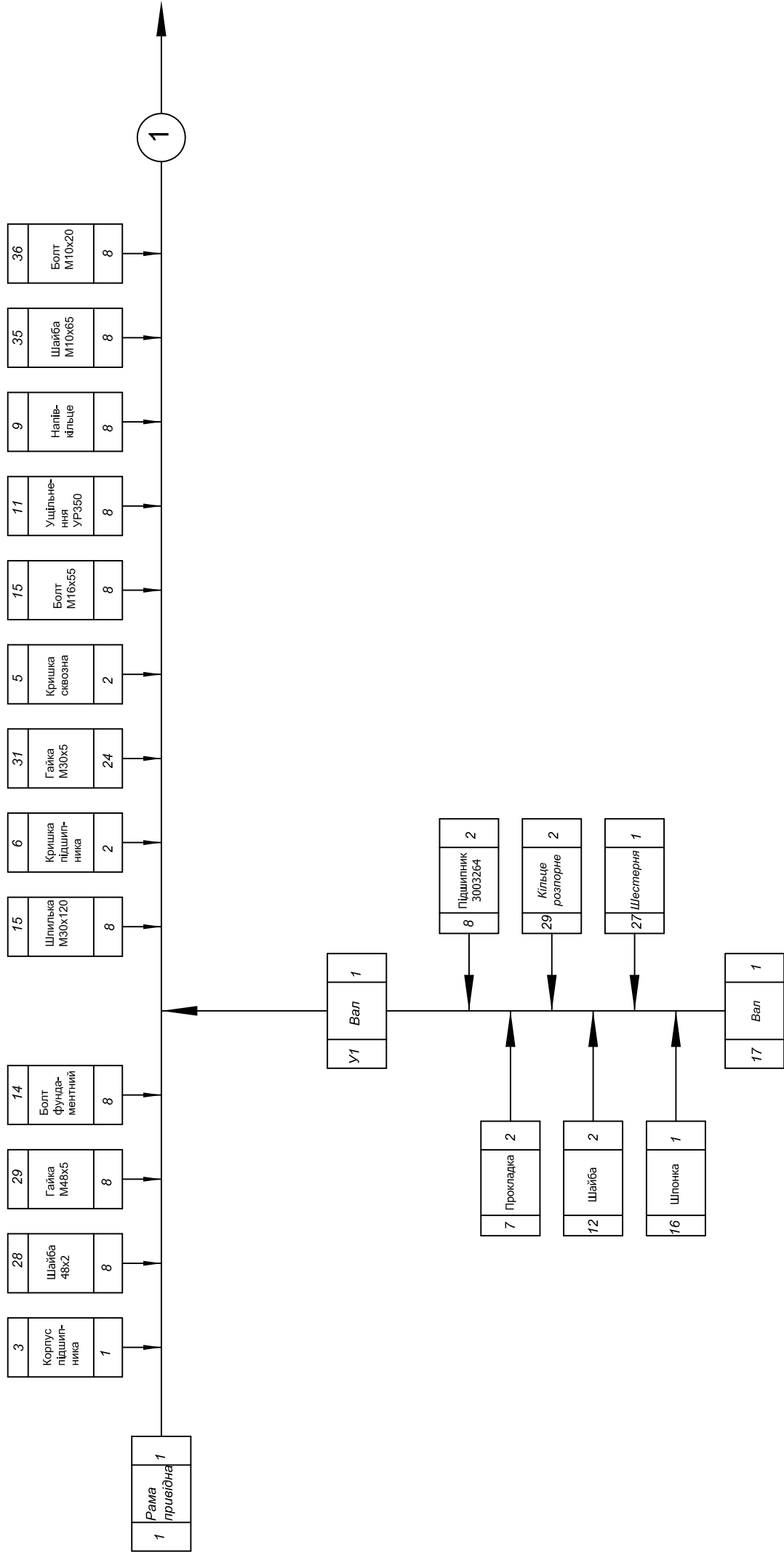
9 МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МЛИНА МОКРОГО САМОПОДРІБНЕННЯ «ГІДРОФОЛ»

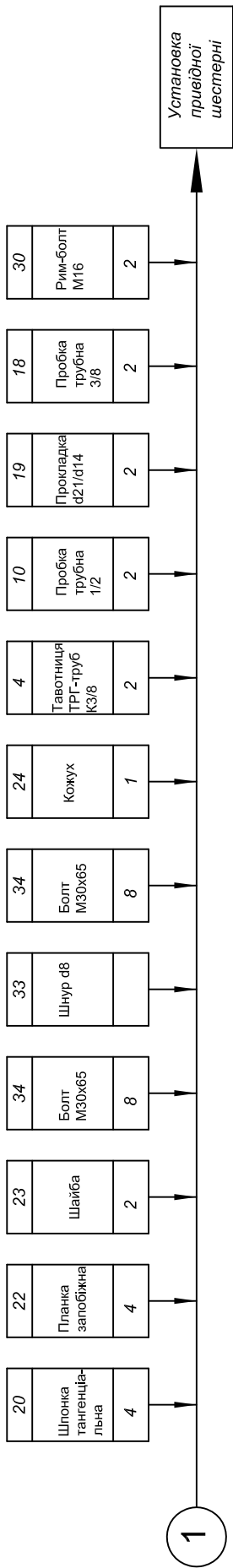
ЗМІСТ

1. Технологія складання установки приводної шестерні.
 - 1.1. Ескіз установки приводної шестерні .
 - 1.2. Специфікація.
 - 1.3. Схема складання.
 - 1.4. Операційна карта складання.
2. Монтаж машини на фундаменті.
 - 2.1. План-схема розміщення фундаментних болтів.
 - 2.2. Карти ескізів монтажу машини
 - 2.3. Операційна карта монтажу.
3. Експлуатація машини.
 - 3.1. Схема змащення
 - 3.2. Таблиця змащення

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП82мп.033112.002-70 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ЛП82мп.033112.002.001	Рама привідна	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	ЛП82мп.033112.002.002	Кільце розпорене	1	
		3	ЛП82мп.033112.002.003	Корпус підшипника	1	
		4	ЛП82мп.033112.002.004	Таботниця	2	
		5	ЛП82мп.033112.002.005	Кришка сквозна	1	
		6	ЛП82мп.033112.002.006	Кришка підшипника	2	
		7	ЛП82мп.033112.002.007	Прокладка d670/d580	2	
		8	ЛП82мп.033112.002.008	Ролико підшипник	2	
		9	ЛП82мп.033112.002.009	Напівкільце	8	
		10	ЛП82мп.033112.002.010	Пробка труб ½	2	
		11	ЛП82мп.033112.002.011	Ущільнення УР350	8	
		12	ЛП82мп.033112.002.012	Шайба	2	
		13	ЛП82мп.033112.002.013	Гайка	6	
		14	ЛП82мп.033112.002.014	Болт фундаментний	8	
		15	ЛП82мп.033112.002.015	Шпилька М30х120	8	
		16	ЛП82мп.033112.002.016	Шпонка	1	
		17	ЛП82мп.033112.002.017	Вал	1	
		18	ЛП82мп.033112.002.018	Прокладка d21/d14	2	
		19	ЛП82мп.033112.002.019	Пробка трубна 3/8	2	
		20	ЛП82мп.033112.002.020	Шпонка тангенціальна	4	
		21	ЛП82мп.033112.002.021	Шестерня	1	
		22	ЛП82мп.033112.002.022	Планка запобіжна	4	
		23	ЛП82мп.033112.002.023	Шайба	2	
		24	ЛП82мп.033112.002.024	Кожух	1	
				ЛП82мп.033112.002-70 СП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Установка приводної шестерні	
Разраб.		Гломозда О.В.				
Перев.		Борцик С.О.				
Керів.						
Н. конт.						
Затв.					НТУУ "КПІ" ім.Ігоря Сікогського, ІХФ, ЛП-82мп	
					Літ.	Арку
						Аркушів

[illegible]

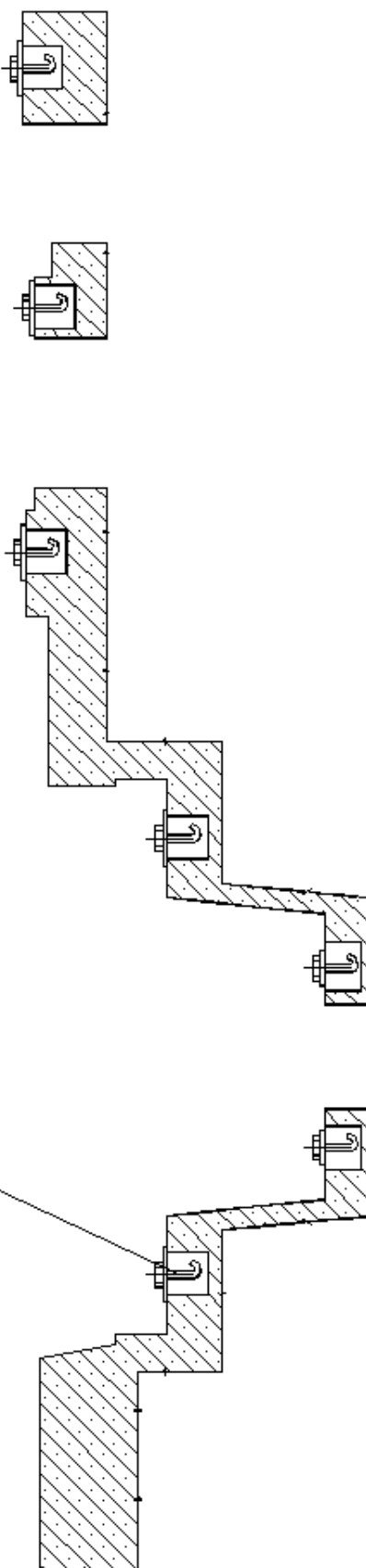


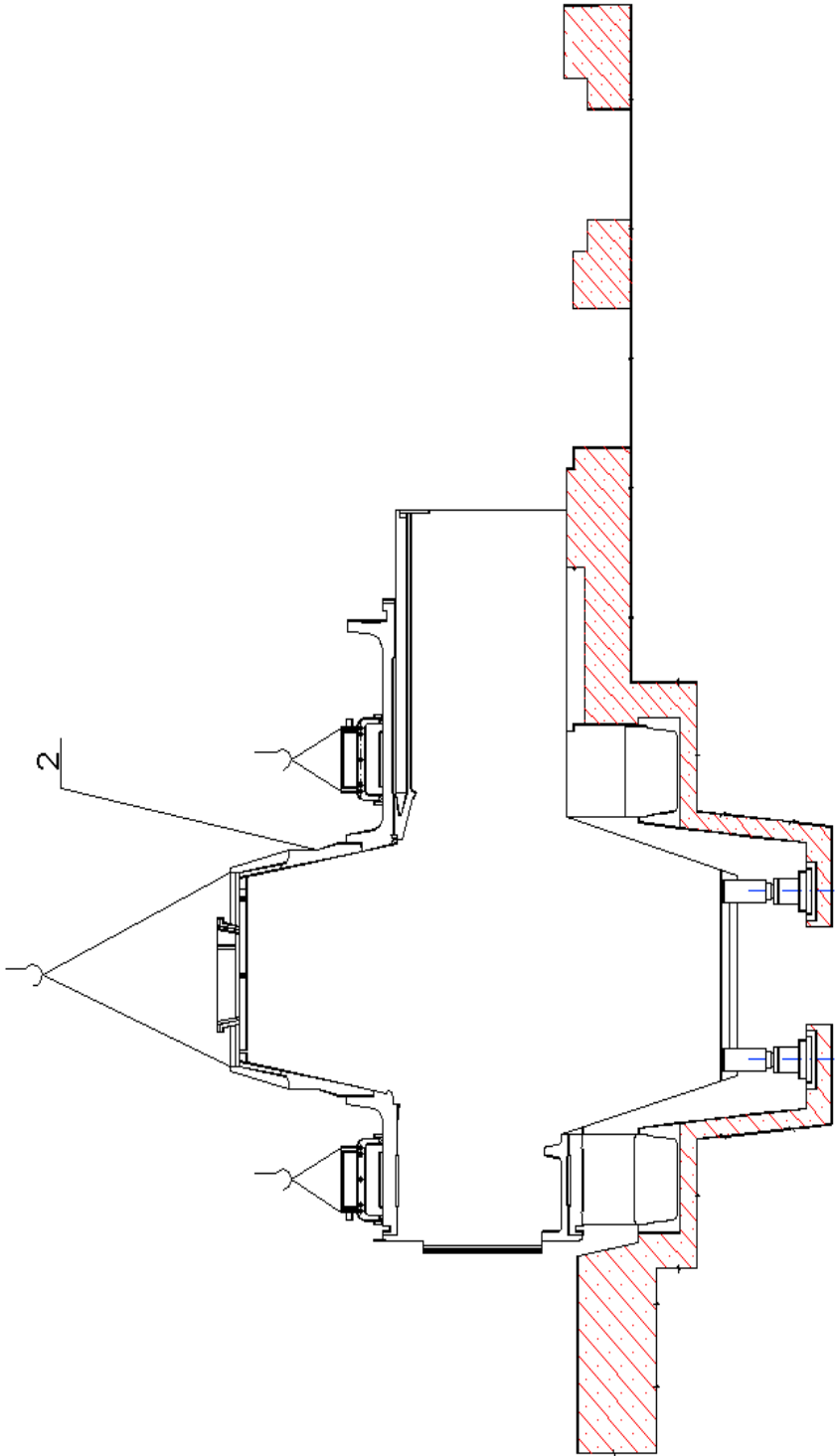


[illegible]

[illegible]

[illegible]

Інв. № дудл	Підпис і дата	Вмч. Інв. №	Інв № дудл	Підпис і дата								
Карта ескізів												
Номер операції												
2												
<div>7</div> 												
Зм.	Арк	№ докum	Підпис	Дата	Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Н.Контр	Г л о м о з д а О.В. Борщик С.О.	Лист

Інв. № дудл	Підпис і дата	Втч. Інв. №	Інв № дудл	Підпис і дата		
Карта ескізів						
Номер операції						
4						
						
					Розробив	Гломозда О.В.
					Перевірів	Борщик С.О.
					Керівник	
					Н.Контр	
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Зм	Арк
					№ документа	Підпис
					Дата	Лист
						Лист

Инв.№ подл.	Підпись і дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подпись і дата
		Операційна карта		
Номер участка	Номер ка	Номер раб. места	Номер операции	Найменування операції
Обладнання (найменування, модель)				
Номер переход	Технологічний режим		Кіл-ть	Приспособування (код, найменування)
				Інструмент (код, найменування)
				То год.
1	Викопати яму 8х10м глибиною 5м, колодязь 400х400 глибиною 300			
	500х500 глибиною 300			Екскаватор
2	Встановити фундаментні болти 7 за місцем та залити фундамент		20	Кран-підйомник
				Q = 50 т
				Спец. машина
				7 днів
3	Застропити та встановити за місцем опори 11 та опорні		4	Кран-підйомник
	підшипники 9		2	Q = 50 т
4	Застропити та встановити барабан 2 та до встановити		1	Кран-підйомник
	підшипники опорні 9			Q = 50 т
				7 год
5	Застропити та встановити завантажувальну цапфу 12,		1	Кран-підйомник
	розвантажувальну горловину 8 та вінцеву шестерню 5.		1	Q = 50 т
			Розробив	Гломозда О.В.
			Перевірив	Борщик С.О.
			Керівник	
			Затв.	
	Ізм	Лист	№ докум	Дата
	Ізм	Підпис	Ізм	Лист
			№ докум	Дата
			Лист	Ізм
			Н. Контр.	

Інв.№ подл.	Підпис і дата	Взам. инв №	Инв. № дубл.	Подпись і дата
Операційна карта				
Номер цеха	Номер уч-ка	Номер раб.	Места	Номер операции
Найменування операції				
Обладнання (найменування, модель)				
Номер переход	Технологічний режим	Кіл-ть	Пристосування (код, найменування)	Інструмент (код, найменування)
6	Застропити та встановити завантажувальний пристрій 1, основний редуктор 3, допоміжний редуктор 4, двигун 6 та допоміжний двигун 10.	Шестерня вінцева 5 Завант. пристрій 1 Редуктор основний 3 Редуктор допоміжн.4 Двигун 6 Доп. двигун 10	1 1 1 1 1 1	10 год 10 год 10 год 58 год
Загальний час монтажу				
Лист				
Листів				

Таблиця змащення

№ п/п	Змащуванні місця	Кількість точок зм-ння	Змазка	Метод зм-ння	Періодичність змащення
1	Двигун СМД 15-49-6	1	УС-2	Набивка	2 рази/місяць
2	Редуктор Ц2Ш-1250	1	АК-15 АК-10 (взимку)	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
3	Двигун АОЛ2-62-6	1	УС-2	Набивка	2 рази/місяць
4	Опорний підшипник млина	3	АК-15 АК-10 (взимку)	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
5	Опорний підшипник млина	3	АК-15 АК-10 (взимку)	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
6	Редуктор ЦР-150	1	АК-15 АК-10 (взимку)	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
7	Підшипники колес завантажувальної горловини	4	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	Набивка	1 раз/8 днів
8	Підшипники установки приводної шестерні	4	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	Набивка	1 раз/8 днів
9	Муфта пружна		УС-2	Набивка	1 раз/ місяць
10	Муфта зубчаста М31		УС-2	Набивка	1 раз/ місяць
11	Опорні підшипники головного двигуна	4	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	Набивка	1 раз/8 днів

ВИСНОВКИ

В ході написання магістерської дисертації на тему «Млин мокрого самоподрібнення «Гідрофол» з модернізацією робочої камери» було виконано такі основні частини: опис базової конструкції та основних вузлів млина, літературний пошук конструктивних недоліків установки, патентний огляд стану питання з метою усунення виявлених недоліків конструкції та запропонована і обґрунтована модернізація робочої камери; виконані кінематичні, параметричні та розрахунки на міцність вузлів базового млина; виконано розділи «Охорона праці», «Розробка стартап-проекту» та «Монтаж та експлуатація».

В пояснювальній записці розглянуто варіанти вирішення завдань, поставлених під час виконання літературного огляду, з використанням новітньої патентної літератури та мережі INTERNET. В результаті виконаної роботи було розглянуто варіанти технічних рішень усунення недоліків трубного млина та запропоновано нове конструктивне виконання робочої камери млина. Було виконано параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність, а також для автоматизованого виконання креслень і 3D моделей деталі кришки робочої камери, було розроблено програму на функціональній мові програмування AUTOLISP. Для підтвердження працездатності нової конструкції та порівняння характеристик міцності було побудовано твердотільну модель базової та модернізованої конструкції у програмному комплексі CATIA та розраховано відповідні конструкції на міцність у програмному ANSYS. За результатами виконаних розрахунків можна зробити висновок, що конструкція працездатна, при роботі млина самоподрібнення «Гідрофол» враховані вимоги, що гарантують нормальну роботу установки та нормальні умови праці обслуговуючого персоналу. Виконано розділ охорони праці, де було враховані всі вимоги безпеки для персоналу, розділ «Розробка стартап-проекту» де було розроблено ідею створення підприємства з метою виготовлення модернізованої конструкції млина, інших видів млинів, для подальшого продажу та створено бізнес план для впровадження цієї ідеї. Розділ «Монтаж та експлуатація» де було описано

технологію складання установки приводної шестерні, монтаж машини на фундаменті та експлуатація машини.

Для підвищення ефективності й продуктивності роботи млина було розроблено модернізацію робочої камери, яка полягає в тому, що в камері помолу відбувається сепарація частинок, що піддаються помелу. Частки які мають розмір вихідної фракції видаляються за допомогою внутрішньої перфорованої стінки та виводяться до розвантажувальної цапфи гвинтовим конвеєром. В результаті модернізації очікується підвищення продуктивності та енергоефективності млина.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Машиностроение. Энциклопедия/ ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Горные машины. Т. IV-24 / Ю.А. Лагунова, АЛ. Комиссаров, В.С. Шестаков и др.; под общ. ред. В.К. Асташева, 2011. - 496 с.: ил.
- 2 Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. 3-е изд. Перераб. И доп. М.: Недра, 1980. 415с.
- 3 Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Ефименко Е.А., Дослідження напружено-деформованого стану обертового теплового агрегату // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. - 2018. - № 1. - С. 65-71. DOI: <https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143382>
- 4 Пат. № 2091165 МПК В02С 17/04 МЕЛЬНИЦА МОКРОГО РУДНОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ С ПЕРИФЕРИЙНОЙ РАЗГРУЗКОЙ/ Ястребов К.Л. , Раздолькин В.Н., № 94043242/03, 06.12.1994, 27.09.1997.
- 5 Пат. № 2035228 МПК В02С 17/18 МЕЛЬНИЦА МОКРОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ/ Прокопенко А.В., Раздолькин В.Н., Изенев В.Н., Смольников В.А., № 93031346/33, 08.06.1993, 20.05.1995.
- 6 Пат. № 2368422 МПК В02С 17/18, В07В 1/22 ДВУХСИТНАЯ БУТАРА БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ Свистельник О.А., Мостыка Ю.С., Свистельник И.О., Мостыка А.Ю. № 2007139727/03, 26.10.2007, 27.09.2009.
- 7 Пат. № 2498856, МПК В02С 17/06, ШАРОВАЯ БАРАБАННАЯ МЕЛЬНИЦА С КЛАССИФИЦИРУЮЩИМ РАЗГРУЗОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ, Ханина О. С, Ханин Д.С., Ханин С.И., 2012130727/13, 18.07.2012, 20.11.2013.

- 8 Пат. № 57 147 МПК В02С 17/06 ТРУБНАЯ МЕЛЬНИЦА, Богданов В. С., Ломакин В.В., Старченко Д. Н., Трухачев С.С., Ханина О. С., 2006100203/22, 10.01.2006, 10.10.2006.
- 9 Оборудование для переработки сыпучих материалов: учебное пособие / В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин. - М. : «Машиностроение-1», 2006. - 208 с.
- 10 Щербина В.Ю., Чемерис А.О., Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 38 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>
- 11 Щербина В.Ю. Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
- 12 Щербина В.Ю., Сахаров О.С., Гондлях О.В., Сівецький В.І.. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156с. <https://cpsm.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731>
- 13 Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ. / В.А.Бруйка, В.Г.Фокин, Е.А.Солдусова, Н.А.Глазунова, И.Е.Адеянов. – Самара: Самар.гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.:ил.
- 14 Г.В. Макаров «Охрана труда в химической промышленности», Москва, «Химия», 1989г.
- 15 Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А

Патентний формуляр

Таблиця Б.1. Таблиця розглянутих патентів

№ п. п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	МЕЛЬНИЦА МОКРОГО РУДНОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕННЯ С ПЕРИФЕРИЙНОЙ РАЗГРУЗКОЙ	Российская Федерация, RU, <u>№2091165</u> <u>МПК В02с 17/04</u> <u>1997р</u> <u>Авторы</u> Ястребов К.Л., Раздолькин В.Н. Прокопенко А.В.	<ul style="list-style-type: none"> - Використання пропонованої млини забезпечить: - повнішу дезінтеграцію глини, що міститься в руді; - більш ефективне руйнування подрібнюваної гірської породи з підвищеною вибірковістю помелу; - підвищення швидкості виведення подрібненого продукту розрахункової крупності з зон інтенсивного руйнування, а отже, зниження ошлагоування порожньої породи і цінного мінералу; - підвищення продуктивності і ефективності роботи обладнання.
2.	МЕЛЬНИЦА МОКРОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕННЯ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	Российская Федерация, RU, <u>№2035228</u> <u>МПК В02С 17/18</u> <u>1995р</u> <u>Авторы</u> Прокопенко А.В., Раздолькин В.Н., Изнев В.Н., Смольников В.А.	Використання пропонованої млини забезпечить своєчасний висновок подрібненого матеріалу з барабана, скоротивши вдвічі час знаходження алмазів в млині. Це підвищить безпеку алмазів, зменшивши в середньому в два рази небезпека отримання тріщин, сколів, розколів і більш значних руйнувань кристалів алмазів. Втрати алмазів в масі зменшуються з 0,95 до 0,02% втрати у вартості алмазів з 0,76 до 0,03% Питома витрата електроенергії зменшується на 30% продуктивність млина збільшується на 80%
3.	ДВУХСИТНАЯ БУТАРА БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ	Российская Федерация, RU, <u>№2368422</u> <u>В02С 17/18</u> <u>В07В 1/22</u> <u>2007р</u> <u>Автор</u> Свистельник О.А. Мостыка Ю.С. Свистельник И.О. Мостыка А.Ю.	В основу винаходу поставлена задача - підвищити якість класифікації матеріалу за рахунок поліпшення транспортування пульпи вздовж бутари з гвинтовими коливаннями при збереженні перемішування пульпи напором млини.
4	ШАРОВАЯ БАРАБАНАЯ МЕЛЬНИЦА С	Российская Федерация, RU, <u>№2498856</u>	Пропонований винахід направлено на підвищення ефективності процесу тонкого помелу матеріалу в кульовому барабанному

	КЛАССИФИЦИРУЮЩИМ РАЗГРУЗОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ	<u>B02C 17/06</u> <u>2012p</u> <u>Автор</u> Ханина О.С. Ханин Д.С. Ханин С.И.	млині, що виражається в підвищенні її продуктивності, зниження питомої витрати електроенергії на процес подрібнення матеріалу, що забезпечуються транспортуванням дрібнофракційних матеріалу з задніх камер в аспіраційний патрубок, запобіганням його повернення, ефективним виділенням з нього тонко дисперсної фракції аспіраційних потоком і транспортуванням дрібно фракційних матеріалу, позбавленого тонкодисперсної фракції, в камеру помелу. Це забезпечується раціональними конструкціями спіраційного патрубку, многозаходной гвинтовий лопаті.
5	ТРУБНАЯ МЕЛЬНИЦА	Российская Федерация, RU, <u>№57147</u> <u>B02C 17/06</u> <u>2012p</u> <u>Автор</u> Ханина О.С. Ханин С.И. Богданов В.С. Ломакин В.В. Старченко Д.Н. Трухачев С.С.	Пропонований винахід направлено на підвищення ефективності процесу подрібнення в трубної млині, що виражається в підвищенні її продуктивності і зниженні питомої витрати електроенергії, які забезпечуються класифікацією в середині млина сферо образних тіл, що мелють від великих до дрібним в напрямку від початку камери грубого помелу, до її кінця і впливом на подрібнюється матеріал тілами, що мелють розміром, що відповідає крупності подрібнюють частинок, раціональної організацією процесу класифікації матеріалу в середині млина, що подрібнюється і його транспортуванням в камери грубого і тонкого помелу. це забезпечується раціональними конструкціями футерованою перфорованої обичайки, кільцевої камери з встановленим в ній гвинтовим конвеєром, класифікуючою перегородкою.

ДОДАТОК Б

Таблиця ідентифікаторів, блок схема алгоритму програми, текст програми і
результати розрахунку програми

Таблиця В.1. Таблиця розглянутих патентів

Позначення у програмі	Умова виконання	Тестові числові значення, мм
<u>d1</u>	<u>d1</u> > <u>d2</u>	6990.0
<u>d2</u>	<u>d2</u> > <u>d3</u>	6200.0
<u>d3</u>	<u>d3</u> > <u>d4</u>	5674.0
<u>d4</u>	<u>d4</u> > <u>d7</u>	5154.0
<u>d5</u>	<u>d5</u> < <u>d7</u>	4060.0
<u>d7</u>	<u>d7</u> > <u>d8</u>	4600.0
<u>d8</u>	<u>d8</u> > <u>d9</u>	3650.0
<u>d9</u>	<u>d9</u> > <u>d10</u>	3500.0
<u>d10</u>	<u>d10</u> >0	3350.0
<u>s</u>	<u>s</u> >0	110.0
<u>s2</u>	<u>s2</u> >0	300.0
<u>s3</u>	<u>s3</u> >0	40.0
<u>s4</u>	<u>s4</u> >0	200.0
<u>r</u>	<u>r</u> >0	55.0
<u>f</u>	<u>f</u> >0	50.0
<u>do1</u>	<u>do1</u> >0	50.0
<u>do2</u>	<u>do2</u> >0	45.0
<u>do3</u>	<u>do3</u> >0	60.0
<u>gl</u>	<u>gl</u> >0	40.0

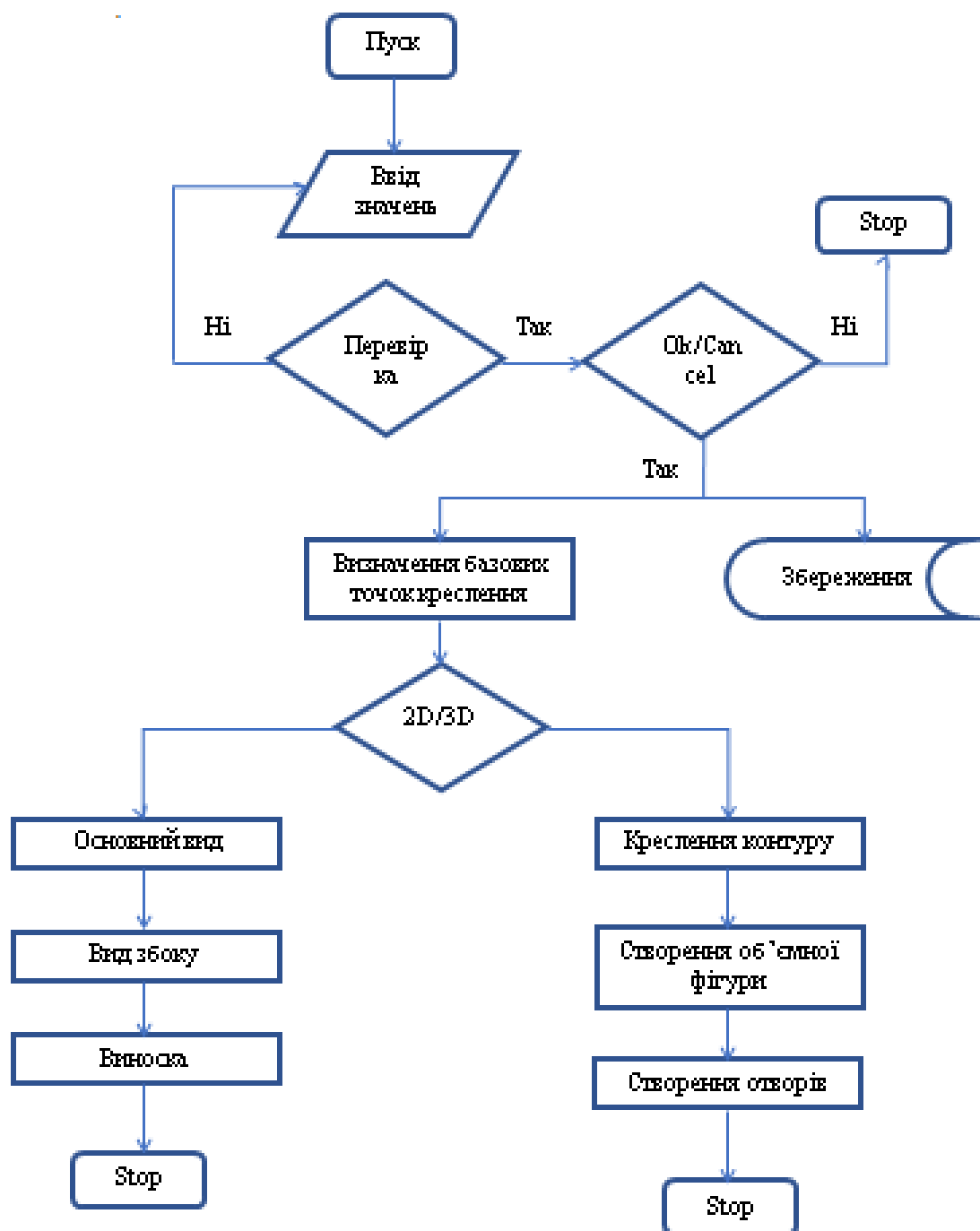


Рисунок В.1 - Блок схема програми

```

(defun c:kurs()
  (command "_ERASE" "_ALL"
  "")
  (setvar "OSMODE" 0)
  (command "_UCS" "_W")
  (if (null ramka) (load
"ramka"))
  (data)
  (ramka 840 594)
  (command "_PLAN" "_C")
  (dial)
  ;;; (command "_DIMASZ" 4)
  ;;; (command "_DIMTIH" 0)
  ;;; (command "_DIMEXE" 2)
  ;;; (command "_DIMEZO"
0.01)
  ;;; (command "_DIMTOFL" 1)

  ;;; _____

  (if (= sd 2)
    (progn
      (setq bp (getpoint "\n
????? Bp: "))
      (masht mash)
      (det1)
      (2d)
      (dial1)
      (vin mash1)
    ))
    ;;; _____

    (if (= sd 3)
      (progn
        (command "_ERASE" "_ALL"
  "")
        (setvar "OSMODE" 0)
        (masht 1)
        (data)
        (det1)
        (setq bp (list 0 0 0))
        (3dkontur)
        (princ)
      ))
      (if (or(= sd 2)(= sd
3))(printDAT))
      )
      (defun printDAT( / z)
        (setq z (open (strcat
"F:/флешка/маг/Dan.lsp") "w"))

```

```

        (princ "(setq \n" z)
        (foreach n M_sim
          (princ (strcat " " n
" " (rtos (eval (read n))) "\n"
) z)
          )
        (princ ") \n" z)
        (close z)
        )
        ;;; _____

        (defun dial()
          (setq rf (load_dialog
"F:/флешка/маг/dial.DCL"))
          (new_dialog "dial" rf)
          (setq xmax(dimx_tile
"RIS2d") ymax(dimy_tile
"RIS2d"))
          (start_image
"RIS2d")(slide_image 0 0 xmax
ymax (strcat
"F:/флешка/маг/RR3D.sld"))(end_
image)
          (if (findfile
"F:/флешка/маг/Dan.lsp") (load
"F:/флешка/маг/Dan.lsp"))
            (foreach n M_sim (set_tile
n (rtos (eval (read n)) 2 2)))
            (foreach n M_sim
              (action_tile n (strcat "(setq "
n " (atof $value))"))
              (gas_ok 1)
              (setq ms '("1:1" "1:2"
"1:2.5" "1:5" "1:15" "1:20" ))
              (setq ms1 '(1 2 2.5 5 15
20 ))
              (start_list "MAS")(mapcar
'add_list ms)(end_list)
              (set_tile "MAS" "5")(setq
mash 20)
              (action_tile "MAS"
"(progn(setq mash(nth(atof
$value) ms1 )))")
              (action_tile "perev"
"(prov_vv) ")
              (action_tile "cancel"
"(done_dialog 0)")
              (action_tile "accept"
"(done_dialog 1)")
              (action_tile "2D"
"(done_dialog 2)")
              (action_tile "3D"
"(done_dialog 3)")

```

```

(action_tile "TEST"
"(progn (data) (foreach n M_sim
(set_tile n (rtos (eval (read
n)) 2 2))))"
(setq sd (start_dialog))
(princ)
)
(defun gas_ok($k)
(mode_tile "3D" $k)
(mode_tile "accept" $k)
(mode_tile "2D" $k) (mode_tile
"MAS" $k)
)
(defun dial1()
(setq rf (load_dialog
"F:/флешка/маг/dialv.DCL"))
(new_dialog "dialv" rf)

(foreach n M_sim (set_tile
n (rtos (eval (read n)) 2 2)))
(foreach n M_sim
(action_tile n (strcat "(setq "
n " (atof $value))"))
(setq ms '("5:1" "10:1"))
(setq ms2 '(5 10))
(start_list "MSH") (mapcar
'add_list ms) (end_list)
(set_tile "MSH" "2") (setq
mash1 5)
(action_tile "MSH"
"(progn(setq mash1(nth(atof
$value) ms2 )))")
(setq sd (start_dialog))
)
;;;


---




---


(defun data()
(setq w_sim '("d1"
"d2" "d3" "d4" "d5" "d6" "d7"
"d8" "d9" "d10" "s" "s2" "s3"
"s4" "r" "f" "do1" "do2" "do3"
"gl"))
(setq M_sim '("_d1"
"_d2" "_d3" "_d4" "_d5" "_d6"
"_d7" "_d8" "_d9" "_d10" "_s"
"_s2" "_s3" "_s4" "_r" "_f"
"_do1" "_do2" "_do3" "_gl"))
(setq n_DAN '(6990.0
6200.0 5674.0 5154.0 4060.0
3996.0 4600.0 3650.0 3500.0
3350.0 110.0 300.0 40.0 200.0
55.0 10.0 50.0 45.0 60.0 40.0))

```

```

(mapcar '(lambda (sim zna)
(set (read sim) zna)
)
M_sim
n_DAN
)
)
(defun prov_vv()

(setq prov 0)
(if (< _D1 _D2) (alert
(strcat "значення _D1>" (rtos
_d1)"< повинно бути більше
_D2>" (rtos _d2)"<"))
(if (< _D1 _D2) (setq prov
(+ 1 prov)))
(if (< _D2 _D3) (alert
(strcat "значення _D2>" (rtos
_d2)"< повинно бути більше
_D3>" (rtos _d3)"<"))
(if (< _D2 _D3) (setq prov
(+ 1 prov)))
(if (< _D3 _D4) (alert
(strcat "значення _D3>" (rtos
_d3)"< повинно бути більше
_D4>" (rtos _d4)"<"))
(if (< _D3 _D4) (setq prov
(+ 1 prov)))
(if (< _D4 _D7) (alert
(strcat "значення _D4>" (rtos
_d4)"< повинно бути менше
_D7>" (rtos _d7)"<"))
(if (< _D4 _D7) (setq prov
(+ 1 prov)))
(if (< _D5 _D8) (alert
(strcat "значення _D5>" (rtos
_d5)"< повинно бути менше
_D8>" (rtos _d8)"<"))
(if (< _D5 _D8) (setq prov
(+ 1 prov)))
(if (> _D5 _D7) (alert
(strcat "значення _D5>" (rtos
_d5)"< повинно бути більше
_D7>" (rtos _d7)"<"))
(if (> _D5 _D7) (setq prov
(+ 1 prov)))
(if (< _D7 _D8) (alert
(strcat "значення _D7>" (rtos
_d7)"< повинно бути більше
_D8>" (rtos _d8)"<"))
(if (< _D7 _D8) (setq prov
(+ 1 prov)))

```

```

      (if (< _D8 _D9) (alert
        (strcat "значення D8>" (rtos
          _d8)"< повинно бути більше
          D9>" (rtos _d9)"<")))
      (if (< _D8 _D9) (setq prov
        (+ 1 prov)))
      (if (< _D9 _D10) (alert
        (strcat "значення D9>" (rtos
          _d9)"< повинно бути більше
          D10>" (rtos _d10)"<")))
      (if (< _D9 _D10) (setq prov
        (+ 1 prov)))
      (if (< _D10 0) (alert
        (strcat "значення D10 повинно
        бути більше 0"))))
      (if (< _D10 0) (setq prov
        (+ 1 prov)))
      (if (< _s 0) (alert (strcat
        "значення s>" (rtos _s)"<
        повинно бути більше нуля"))))
      (if (< _s 0) (setq prov (+
        1 prov)))
      (if (< _s2 0) (alert
        (strcat "значення s2>" (rtos
          _s2)"< повинно бути більше
          нуля"))))
      (if (< _s2 0) (setq prov (+
        1 prov)))
      (if (< _s3 0) (alert
        (strcat "значення s3>" (rtos
          _s3)"< повинно бути більше
          нуля"))))
      (if (< _s3 0) (setq prov (+
        1 prov)))
      (if (< _s4 0) (alert
        (strcat "значення s4>" (rtos
          _s4)"< повинно бути більше
          нуля"))))
      (if (< _s4 0) (setq prov (+
        1 prov)))
      (if (< _do1 0) (alert
        (strcat "значення do1 повинно
        бути більше нуля"))))
      (if (< _do1 0) (setq prov
        (+ 1 prov)))
      (if (< _do2 0) (alert
        (strcat "значення do2 повинно
        бути більше нуля"))))
      (if (< _do2 0) (setq prov
        (+ 1 prov)))
      (if (< _do3 0) (alert
        (strcat "значення do3 повинно
        бути більше нуля"))))

```

```

      (if (< _do3 0) (setq prov
        (+ 1 prov)))
      (if (< _r 0) (alert (strcat
        "значення r повинно бути більше
        нуля"))))
      (if (< _r 0) (setq prov (+
        1 prov)))
      (if (< _f 0) (alert (strcat
        "значення f повинно бути більше
        нуля"))))
      (if (< _f 0) (setq prov (+
        1 prov)))
      (if (< _gl 0) (alert
        (strcat "значення gl повинно
        бути більше нуля"))))
      (if (< _gl 0) (setq prov (+
        1 prov)))

      (if (= prov 0)
        (progn
          (alert "все гаразд")
          (gas_ok 0)
        ))
    )
    ;;; _____
    _____
    _____
    ;;;
    (defun masht($ms)

      (mapcar '(lambda (sim zna)
        (set (read sim) (/
          (eval (read zna)) $ms))
        )
        w_sim
        M_sim
      )
      (setq r1 (* d1 0.5) r2 (*
        d2 0.5) r3 (* d3 0.5) r4 (* d4
        0.5) r5 (* d5 0.5)
        r6 (* d6 0.5) r7 (* d7
        0.5) r8 (* d8 0.5) r9 (* d9
        0.5) r10 (* d10 0.5)
        ro1 (* do1 0.5) ro2 (*
        do2 0.5) ro3 (* do3 0.5) pi05
        (* pi 0.5) pi15 (* pi 1.5)
      )
      (setq hpl 1)
    )

```

```

; ; ; _____
;
; Визначення точок деталі
(defun det1()
  (setq p11 (polar bp pi05
r1)
    hpoxl (/(- r1 r5) (cos
(vrad 11)))
    p25 (polar (polar bp pi05
r5) 0 s2)
    p28 (inters (polar bp
pi05 r2) (polar (polar bp pi05
r2) 0 1) p11 p25 nil)
    p27 (inters (polar bp
pi05 r3) (polar (polar bp pi05
r3) 0 1) p11 p25 nil)
    p26 (inters (polar bp
pi05 r4) (polar (polar bp pi05
r4) 0 1) p11 p25 nil)
    p22 (polar (polar bp pi05
r10) 0 (+ s2 s3))
    p21 (polar p22 0 s4)
    p19 (polar p21 pi05 (-
r9 r10))
    p12 (polar p11 (vrad
11) s)
    p18 (polar p19 pi05 (-
r8 r9))
    p24 (inters (polar bp
pi05 r9) (polar (polar bp pi05
r9) 0 1) p25 p22 nil)
    p23 (polar p24 0 gl)
    p16 (polar (polar (polar
bp pi05 r7) 0 s2) (vrad 11) s)
    p13 (inters p28 (polar
(polar p28 (vrad 11) s) 0 1)
p12 p16 nil)
    p14 (inters p27 (polar
(polar p27 (vrad 11) s) 0 1)
p12 p16 nil)
    p15 (inters p26 (polar
(polar p26 (vrad 11) s) 0 1)
p12 p16 nil)
    p17 (inters p25 (polar
p25 (vrad 11) 1) p16 p18 nil)
    pdd (polar bp 0 (* dl
1))
    p281 (inters (polar
bp pi05 (+ r2 (* do1 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (+ r2 (*
do1 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)

```

```

p282 (inters (polar
bp pi05 (- r2 (* do1 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (- r2 (*
do1 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)
p271 (inters (polar
bp pi05 (+ r3 (* do1 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (+ r3 (*
do1 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)
p272 (inters (polar
bp pi05 (- r3 (* do1 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (- r3 (*
do1 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)
p261 (inters (polar
bp pi05 (+ r4 (* do1 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (+ r4 (*
do1 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)
p262 (inters (polar
bp pi05 (- r4 (* do1 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (- r4 (*
do1 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)
p251 (inters (polar
bp pi05 (+ r5 (* do2 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (+ r5 (*
do2 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)
p252 (inters (polar
bp pi05 (- r5 (* do2 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (- r5 (*
do2 0.5))) 0 1) p11 p25 nil)
p241 (inters (polar
bp pi05 (+ r9 (* do3 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (+ r9 (*
do3 0.5))) 0 1) p25 p22 nil)
p242 (inters (polar
bp pi05 (- r9 (* do3 0.5)))
(polar (polar bp pi05 (- r9 (*
do3 0.5))) 0 1) p25 p22 nil)
p231 (polar p23 pi05
(* do2 0.5))
p232 (polar p23 pi15
(* do2 0.5))
p233 (inters p241
(polar p241 0 1) p231 (polar
p231 pi05 1) nil)
p234 (inters p242
(polar p242 0 1) p232 (polar
p232 pi15 1) nil)
p131 (inters p281
(polar p281 (vrad 11) 1) p12
p16 nil)
p132 (inters p282
(polar p282 (vrad 11) 1) p12
p16 nil)

```



```

p141 (inters p271
(polar p271 (vrad 11) 1) p12
p16 nil)
p142 (inters p272
(polar p272 (vrad 11) 1) p12
p16 nil)
p151 (inters p261
(polar p261 (vrad 11) 1) p12
p16 nil)
p152 (inters p262
(polar p262 (vrad 11) 1) p12
p16 nil)
p191 (polar p19 pi05
ro2)
p192 (polar p19 pi15
ro2)
p211 (polar p21 pi05
f)
p212 (polar p21 pi f)
p171 (inters p251
(polar p251 (vrad 11) 1) p16
p18 nil)
p172 (inters p252
(polar p252 (vrad 11) 1) p16
p18 nil)
;центри отворів
cor2(polar pdd (vrad
72) (* d2 0.5))
cor21(polar pdd (vrad
108) (* d2 0.5))
cor3(polar pdd (vrad
81) (* d3 0.5))
cor31(polar pdd (vrad 99)
(* d3 0.5))
cor4(polar pdd (vrad
54) (* d4 0.5))
cor41(polar pdd (vrad
108) (* d4 0.5))
cor5(polar pdd (vrad
81) (* d5 0.5))
cor51(polar pdd (vrad 99)
(* d5 0.5))
cor9(polar pdd (vrad
72) (* d9 0.5))
cor91(polar pdd (vrad
108) (* d9 0.5))
;виноска
)
(setq
pv1(polar bp (+ pi05
(vrad 7)) (* (¬ d9 d10) 0.5))
pv11(polar pv1 (+
pi05 (vrad 7)) (* do3 0.5))

```

```

pv12(polar pv1 (+ pi15
(vrad 7)) (* do3 0.5))
pv2(polar pv1 (+ pi05
(vrad 7)) (¬ d9 d10))
pv8(polar bp 0 s4)
pv6(polar pv8 pi05 (*
(¬ d9 d10) 0.5))
pv61(polar pv6 pi05
(* do2 0.5))
pv62(polar pv6 pi15
(* do2 0.5))
pv7(polar pv6 pi05 (*
(¬ d9 d10) 0.7))
pv5(polar pv6 pi (¬ s4
gl) )
pv4(polar pv5 pi05 (*
do2 0.5))
pv41(polar pv5 pi15
(* do2 0.5))
pv3(polar pv5 pi05 (*
do3 0.5))
pv31(polar pv5 pi15
(* do3 0.5))
pv9(polar pv8 pi15 (*
s3 1.7))
pv0(polar bp pi15 (*
s3 2.1))
pv11 (inters pv1
pv2 pv3 (polar pv3 pi 1) nil)
pv12 (inters pv1
pv2 pv31 (polar pv31 pi 1) nil)
)
)
;;;


---




---


(defun 2d()
(command "_LAYER" "_M"
"TEXT" "_C" 3 "" "")
(COMMAND "CIRCLE" P23 S4)
(COMMAND "PLINE" (polar
p23 (vrad 45) s4) (polar (polar
p23 (vrad 45) s4) (vrad 45) s4)
(polar (polar (polar p23 (vrad
45) s4) (vrad 45) s4) 0 15) ""))
(command "_TEXT" (polar
(polar (polar p23 (vrad 45) s4)
(vrad 45) s4) 0 5) 10 0 "A" "")
(command "_LAYER" "_M"
"line" "_C" 1 "" ""))

```

```

(command "_PLINE" p11 "_A"
"_d" (* r 2) p12 "_L" p131 p281
"_c")
(setq box1 (entlast))
(command "_PLINE" p131
p281 p282 p132 "_c")
(setq box2 (entlast))
(command "_PLINE" p132
p282 p271 p141 "_c")
(setq box3 (entlast))
(command "_PLINE" p271
p141 p142 p272 "_c")
(setq box4 (entlast))
(command "_PLINE" p233
p234 p242 p241 "_c")
(setq box12 (entlast))
(command "_PLINE" p142
p272 p261 p151 "_c")
(setq box5 (entlast))
(command "_PLINE" p261
p151 p152 p262 "_c")
(setq box6 (entlast))
(command "_PLINE" p262
p152 p16 p171 p251 "_c")
(setq box7 (entlast))
(command "_PLINE" p251
p171 p172 p252 "_c")
(setq box8 (entlast))
(command "_PLINE" p172 p18
p19 p211 p212 p22 p24 p252
"_c")
(setq box9 (entlast))
(command "_PLINE" p211
p212 "_c")
(setq box10 (entlast))
(command "_PLINE" p191
p192 p232 p231 "_c")
(setq box11 (entlast))

(command "_PLINE" p11 (sp
p11) "")
(command "_PLINE" p25 (sp
p25) "")
(command "_PLINE" p22 (sp
p22) "")
(command "_PLINE" p212 (sp
p212) "")
(command "_PLINE" p211 (sp
p211) "")

(kolo pdd (+ r1 r))
(kolo pdd r1)
(kolo pdd r10)

```

```

(command "_LAYER" "_M"
"OSI" "")
(kolo pdd r5)
(kolo pdd r2)
(kolo pdd r3)
(kolo pdd r4)
(kolo pdd r9)
;?????
(okr_okr pdd (* d2 0.5)
do1 20 0 360)
(okr_okr pdd (* d3 0.5)
do1 20 99 459)
(okr_okr pdd (* d4 0.5)
do1 20 0 360)
(okr_okr pdd (* d5 0.5)
do2 20 99 459)
(okr_okr pdd (* d9 0.5)
do2 20 90 450)
(okr_okr pdd (* d9 0.5)
do3 20 90 450)
;os
(command "_LAYER" "_M"
"OSI" "")

(command "_LINE" (polar bp
pi (* (+ s s2) 0.5)) (polar bp
0 (* (+ s s2) 2)) "")
(command "_LINE" (polar
pdd pi (+ r1 5)) (polar pdd 0
(+ r1 5)) "")
(setq hor_os (entlast))
(command "_LINE" (polar
pdd pi05 (+ r1 5)) (polar pdd
pi15 (+ r1 5)) "")
(setq ver_os (entlast))
(command "_LINE" (polar
p28 (+ pi (vrad 11)) (* (+ s
s2) 0.2)) (polar p28 (vrad 11)
(* (+ s s2) 0.5)) "")
(setq l2813 (entlast))
(command "_LINE" (polar
p27 (+ pi (vrad 11)) (* (+ s
s2) 0.2)) (polar p27 (vrad 11)
(* (+ s s2) 0.5)) "")
(setq l2714 (entlast))
(command "_LINE" (polar
p26 (+ pi (vrad 11)) (* (+ s
s2) 0.2)) (polar p26 (vrad 11)
(* (+ s s2) 0.5)) "")
(setq l2615 (entlast))
(command "_LINE" (polar
p25 (+ pi (vrad 11)) (* (+ s
s2) 0.2)) (polar p25 (vrad 11)
(* (+ s s2) 0.5)) "")

```

```

(setq l2517 (entlast))
(command "_LINE" (polar
p24 pi (* (+ s s2) 0.3)) (polar
p24 0 (* (+ s s2) 1)) "")
(setq l2419 (entlast))
;отражение
(command "_MIRROR" box1
box3 box5 box7 box9 box11 box12
"" bp (polar bp 0 1) "_N")
(command "_MIRROR" box2
12813 box4 12714 box6 12615
box8 12517 box10 12419"" bp
(polar bp 0 1) "_N")
(command "_LAYER" "_M"
"HATCH" "_C" 5 "" "")
(command "_HATCH" "_U" 45
10 "_N" box1 box3 box5 box7
box9 box11 box12 "")
(setq str1 (entlast))
(command "_MIRROR" str1""
bp (polar bp 0 1) "_N")
; размер
(command "_LAYER" "_M"
"TEXT" "_C" 3 "" "")
(command "_LINE" pdd cor21
"")
(command "_DIM")
(command "_VER" p25 (sp
p25) (polar p25 pi 20) (strcat
"%%c" (rtos _d5 2 0))); d5
(command "_VER" p26 (sp
p26) (polar p26 pi 30) (strcat
"%%c" (rtos _d4 2 0))); d4
(command "_VER" p27 (sp
p27) (polar p27 pi 40) (strcat
"%%c" (rtos _d3 2 0))); d3
(command "_VER" p28 (sp
p28) (polar p28 pi 50) (strcat
"%%c" (rtos _d2 2 0))); d2
(command "_VER" p11 (sp
p11) (polar p11 pi 60) (strcat
"%%c" (rtos _d1 2 0)) ); d1
(command "_VER" p212 (sp
p212) (polar p212 0 20) (strcat
"%%c" (rtos _d10 2 0))); d10
(command "_VER" p19 (sp
p19) (polar p19 0 30) (strcat
"%%c" (rtos _d9 2 0))); d9
(command "_VER" p18 (sp
p18) (polar p18 0 40) (strcat
"%%c" (rtos _d8 2 0))); d8
(command "_VER" p16 (sp
p16) (polar p16 0 60) (strcat
"%%c" (rtos _d7 2 0))); d7

```

```

(command "_HOR" p11 p25
(polar bp pi15 20) (rtos _s2 2
0));s2
(command "_HOR" p25 p22
(polar p25 pi15 40) (rtos _s3 2
0));s3
(command "_HOR" p22 p21
(polar bp pi15 20) (rtos _s4 2
0));s4
(command "_AL" p12 p13
(polar p12 0 20) (rtos (* (-
_d1 _d2) 0.5) 2 0))
(command "_AL" p13 p15
(polar p13 0 20) (rtos (* (-
_d1 _d3) 0.5) 2 0))
(command "_AL" p13 p14
(polar p13 0 10) (rtos (* (-
_d2 _d3) 0.5) 2 0))
(command "_VER" p241 p242
(polar p24 pi 10) (strcat "20
отв.%%c"(rtos _do3 2 0)))
;розміри на виді
сбоку
(command "_ANG" "" pdd
(polar pdd pi05 (* d2 0.5))
cor21 (polar pdd pi05 (+ (* d2
0.5) 8)) "" "")
(command "_ANG" "" pdd
(polar pdd pi05 (* d3 0.5))
cor31 (polar pdd pi05 (+ (* d3
0.5) 8)) "" "")
(command "_ANG" "" pdd
(polar pdd pi05 (* d4 0.5))
cor41 (polar pdd pi05 (+ (* d4
0.5) 5)) "" "")
(command "_ANG" "" pdd
(polar pdd pi05 (* d5 0.5))
cor51 (polar pdd pi05 (+ (* d5
0.5) 15)) "" "")
(command "_ANG" "" pdd
(polar pdd pi05 (* d9 0.5))
cor91 (polar pdd pi05 (+ (* d9
0.5) 8)) "" (polar pdd (vrad
99) (+ (* d9 0.5))))
(command "_HOR" (polar pdd
pi (+ r1 r)) (polar pdd 0 (+ r1
r)) (polar pdd pi05 (+ r1 20))
(strcat "%%c6996" ));s4 (+ r1
r)
(command "_AL" (polar cor2
(vrad 210) do1 ) (polar cor2
(vrad 30) do1 ) (polar cor2
pi05 0) (strcat " 20 отв.%%c"
(rtos _do1 2 0)))

```

```

        (command "_AL" (polar cor3
(vrad 210) do1 ) (polar cor3
(vrad 30) do1 ) (polar cor3
pi05 0) (strcat " 20 отБ.%%c"
(rtos _do1 2 0)))
        (command "_AL" (polar cor4
(vrad 210) do1 ) (polar cor4
(vrad 30) do1 ) (polar cor4
pi05 0) (strcat " 20 отБ.%%c"
(rtos _do1 2 0)))
        (command "_AL" (polar cor5
(vrad 210) do2 ) (polar cor5
(vrad 30) do2 ) (polar cor5
pi05 0) (strcat "20 отБ.%%c"
(rtos _do2 2 0)))

        (command "_EXIT")

    )
    ;;; _____
    _____
    _____

    (defun kolo($c $r)
        (command "_PLINE" (polar
$c 0 $r) "_W" hpl hpl "_A"
(polar $c pi $r) "_CL")

    )
    ;;; _____
    _____
    _____

    (defun vin($ms)
    ;;; (setq elpoi (entlast))
    ;;; (opred_point)

    (data)
    (masht $ms)
    (setq bp (getpoint "\n
?????? Bp: "))
    (det1)
    (command "_LAYER" "_M"
"line" "_C" 1 "" "")
    (command "_PLINE" pv2 pv11
pv3 pv4 pv61 pv7 "")
    (setq bx1 (entlast))
    (command "_LINE" pv2 pv7
"")

    (setq bx2 (entlast))
    (command "_PLINE" pv12
pv31 pv41 pv62 pv8 bp "_c")
    (setq bx3 (entlast))

```

```

        (command "_PLINE" pv11 bp
pv0 "")
        (command "_PLINE" pv7 pv6
pv9 "")
        (command "_PLINE" pv4 pv41
"")
        (command "_LINE" pv0 pv9
"")
        (command "_LAYER" "_M"
"HATCH" "_C" 5 "" "")
        (command "_HATCH" "_U" 45
10 "_N" bx1 bx2 bx3 "")
        (command "_LAYER" "_M"
"TEXT" "_C" 3 "" "")
        (command "_DIM")
        (command "_HOR" pv11 pv4
(polar bp pi15 30) (rtos _gl 2
0));s4
        (command "_HOR" pv5 pv6
(polar bp pi15 30) (rtos (- _s4
_gl) 2 0));s4
        (command "_Ver" pv62 pv61
(polar pv6 0 30) (strcat "20
отБ.%%c" (rtos _do2 2 0)))
        (command "_EXIT")
        (setq nam "A")
        (setq text
            (if (<= $ms 1.0)
                (strcat "%u" nam "
(1:" (rtos (/ 1.0 $ms) 2 1) ")")
            )
            (strcat "%u" nam "
(" (rtos $ms 2 1) ":1)" )
            )
        )
        (command "_TEXT" "_J" "_C"
(polar pv5 (vrad 80) s4) 10 0
text)

    )
    ;;; _____
    _____
    _____

```

```

    (defun 3dkontur()
    (print "1")
    (setq kot 20 rmok1 (* d2
0.5) rmok2 (* d3 0.5) rmok3 (*
d4 0.5) rmok4 (* d5 0.5) rmok5
(* d9 0.5) rot1 (* do1 0.5)

```

```

rot2 (* do2 0.5) rot3 (* do3
0.5))
  (command "_UCS" "")
  (command "_LAYER" "_M"
"SOLID" "_C" 1 "" "")
  (command "_PLINE" p11 "_A"
"_d" (* r 2) p12 "_L" p13 p14
p15 p16 p17 p18 p19 p211 p212
p22 p24 p25 p26 p27 p28 "_C")
  (command "_REVOLVE"
(entlast) "" "_X" 360)
  (setq en_sol (entlast))
  (command "_VPOINT" '(-1 -1
1))
  (command "_UCS" "_n" "_y"
90)
  (setq shag1 (/ 360.0 kot)
ug 0)
    (while (< ug 360)
      (okr_3d ug rmok1
rot1)
      (setq ug (+ ug
shag1))
    )
  (setq shag2 (/ 360.0 kot)
ug 99)
    (while (< ug 459)
      (okr_3d ug rmok2
rot1)
      (setq ug (+ ug
shag2))
    )
  (setq shag3 (/ 360.0 kot)
ug 0)
    (while (< ug 360)
      (okr_3d ug rmok3
rot1)
      (setq ug (+ ug
shag3))
    )
  (setq shag4 (/ 360.0 kot)
ug 99)
    (while (< ug 459)
      (okr_3d ug rmok4
rot2)
      (setq ug (+ ug
shag4))
    )
  (setq shag5 (/ 360.0 kot)
ug 0)
    (while (< ug 360)
      (okr_3d ug rmok5
rot2)

```

```

      (setq ug (+ ug
shag5))
    )
  (setq shag6 (/ 360.0 kot)
ug 0)
    (while (< ug 360)
      (okr_3d1 ug rmok5
rot3)
      (setq ug (+ ug
shag6))
    )
  )
  ;;;
  _____
  _____
  _____

  (defun okr_3d ($ug $rmok
$rok)
    (setq cok (polar bp pi05
$rmok))
    (command "_CIRCLE" cok
$rok)
    (command "_ROTATE"
(entlast) "" bp $ug)
    (command "_EXTRUDE"
(entlast) "" (+ s s2 s3 s4) 0)
    (command "_SUBTRACT"
en_sol "" (entlast) "")
  )
  ;;;
  _____
  _____
  _____

  (defun okr_3d1 ($ug $rmok
$rok)
    (setq cok (polar bp pi05
$rmok))
    (command "_CIRCLE" cok
$rok)
    (command "_ROTATE"
(entlast) "" bp $ug)
    (command "_EXTRUDE"
(entlast) "" (+ s2 (+ s3 s3))
0)
    (command "_SUBTRACT" en_sol
"" (entlast) "")
  )
  ;;;
  _____
  _____
  _____

```

```

Тенст основного діалога

dial:dialog{label="Завантажува
льна кришка";
:row{
:boxed_column{label="Тип";
:row{

:image{width=120;key="RIS2d";co
lor=0;aspect_ratio=0.7;}

}
:row{

:button{label="2D";key="2D";}

:button{label="3D";key="3D";}
}
}
:boxed_column{label="Значен
ня";
:boxed_row{
:column{

:edit_box{label="d1..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d1";}
:edit_box{label="d2..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d2";}
:edit_box{label="d3..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d3";}
:edit_box{label="d4..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d4";}
:edit_box{label="d5..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d5";}
:edit_box{label="d7..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d7";}
:edit_box{label="d8..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d8";}
:edit_box{label="d9..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_d9";}
:edit_box{label="d10..";edit_wi
dth=5;edit_limit=5;key="_d10";}
}
:column{
:edit_box{label="s..";edit_
width=5;edit_limit=5;key="_s";}

:edit_box{label="s2..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_s2";}

```

```

:edit_box{label="s3..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_s3";}

:edit_box{label="s4..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_s4";}

:edit_box{label="r..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_r";}

:edit_box{label="f..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_f";}

:edit_box{label="do1..";edit_wi
dth=5;edit_limit=5;key="_do1";}

:edit_box{label="do2..";edit_wi
dth=5;edit_limit=5;key="_do2";}

:edit_box{label="do3..";edit_wi
dth=5;edit_limit=5;key="_do3";}

:edit_box{label="gl..";edit_wid
th=5;edit_limit=5;key="_gl";}

}
}
:row{
:button{label="по
умолчанию";key="TEST";}

:button{label="проверка";key="p
erev";}
}
:row{

:popup_list{label="МАСШТАБ"
;key="MAS"; width=10;}
)))
ok_cancel;
}
Тенст діалогу виноски
ialv:dialog{label="Масштаб
выноски";
:column{
:popup_list{label="МАСШТАБ
ВЫНОСКИ" ;key="MSH"; width=10;}
:spacer{width=10;}
}
ok_cancel;
}

```

ДОДАТОК В

Тези на конференцію

УДК 66.041.491

Автоматизована система для проектування деталей млина самоподрібнення «ГІДРОФОЛ»

Гломозда О.В., магістр; Щербина В.Ю., д.т.н., проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ;

Розроблено програмне забезпечення для автоматизованого проектування торцевої кришки млина «Гідрофол», що дозволяє виконувати креслення та 3D модель конструкції. Розроблений графічний інтерфейс забезпечує оперативну обробку інформації та візуально відображати результати для вибору найбільш ефективних проектних рішень.

Вступ. При переробці в шлам вологої (зазвичай крейद्याної) сировини найчастіше використовуються млини мокрого самоподрібнення типу «Гідрофол» [1]. Найбільш важкою частиною млина є сталевий барабан рознімної конструкції, до фланців якого приєднані торцеві кришки. При виконанні ремонтних робіт відбувається заміна торцевих кришок, що потребує розробки конструкторської документації для їх виготовлення і використання.

Постановка задачі включає розробку програмного забезпечення для автоматизованого проектування торцевої кришки млина, що включають креслення деталі та виконання 3D конструкції типу SOLID для прискорення розробки конструкторської документації та вибору найбільш ефективного проектного рішення [2].

Метою роботи є створення графічного інтерфейсу користувача та забезпечення оперативної обробки інформації та інтерактивного відображення результатів.

Математична модель. При розробці програм автоматизованого проектування кришки, як базова використовується система AutoCAD. Введення і корегування даних, що задаються, виконується в інтерактивному режимі з використанням мови розробки діалогів DCL. Визначення реперних точок конструкції виконується з допомогою функціональної мови AutoLISP в середовищі AutoCAD. Побудова примітивів при виконанні креслення та моделюванні 3D конструкції виконується стандартними командами AutoCAD [3, 4].

Для виконання креслення деталі використовується наступний алгоритм:

1. Введення, корегування та перевірка даних на помилки.
2. Визначення координат опорних точок і виконання креслення загального виду.
3. Виконання виносів та перерізів у відповідному масштабі.
4. Друк тексту та встановлення розмірів.

Рішення. Вихідні дані для виконання креслення вводяться користувачем. При запуску програми на екрані з'являється діалогове вікно наведене на рис.1. За замовчуванням в активних полях діалогового вікна встановлено значення стандартних розмірів деталі, що проектується.

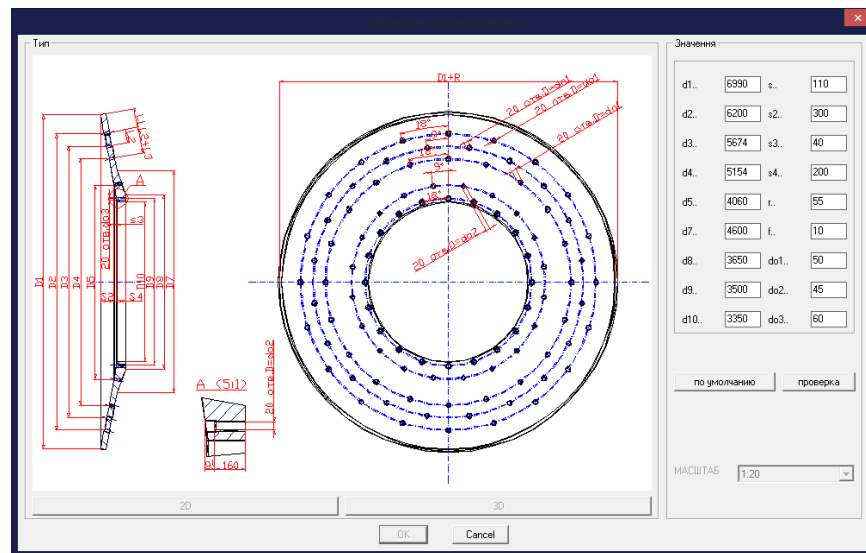


Рис.1 – Діалогове вікно

В діалоговому вікні активні поля у вигляді кнопок мають наступне призначення.

В поля «Значення» необхідно вводити числові дані основних діаметрів, товщину та діаметри отворів.

«Перевірка» – виконується перевірка введених значень. Якщо помилок не виявлено, то поля «2D», «3D», «OK» та масштаб стають активними. При запуску програми та редагуванні розмірів вони не активні. У випадку виявлення помилок видається відповідне повідомлення та рекомендації з можливостями виправлення.

«За замовчуванням» – у всі поля «Значення» вводяться тестові величини.

«Масштаб» включає в себе набір, що визначає допустимі масштаби креслення. За замовчуванням встановлений масштаб (М1:20).

«2D» – виконується побудова креслення по значенням уведених параметрів.

«3D» – виконується побудова тривимірної моделі торцевої кришки барабану.

«Cancel» – вихід з програми без виконання креслення та запису значень.

Аналіз результатів роботи. Після вводу числових значень розмірів деталі та їх перевірки будується креслення або конструкція типу SOLID. Результат приведено на рис.2.

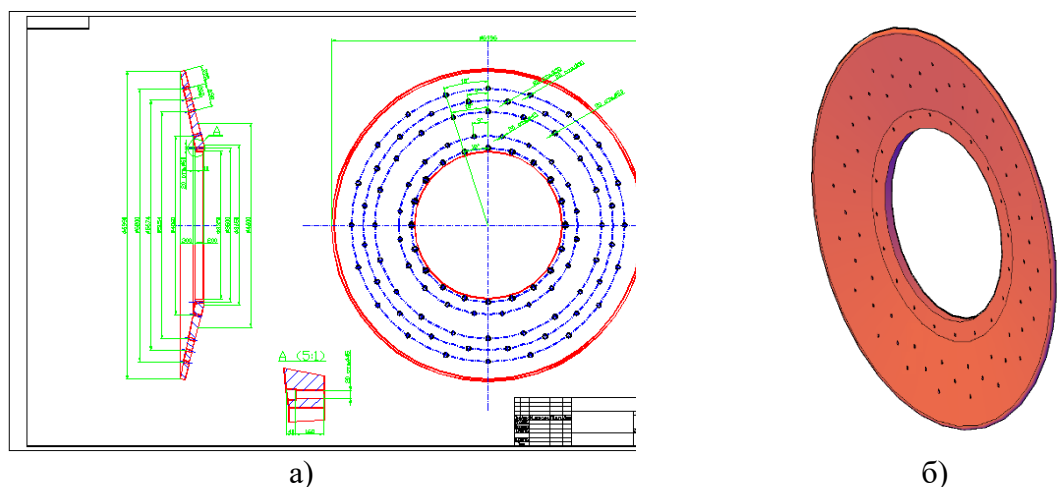


Рис. 2. Креслення деталі: а) – креслення деталі; б) – об'ємна фігура типу SOLID.

На рисунку показане отримане креслення торцевої кришки та 3D модель типу SOLID при базових значеннях розмірів.

Висновки. Розроблено програмне забезпечення для автоматизованого проектування торцевої кришки млина «Гідрофол», що дозволяє виконувати креслення деталі та конструкції типу SOLID. Розроблений графічний інтерфейсу користувача для забезпечення оперативної обробки інформації та інтерактивного відображення результатів з метою вибору найбільш ефективних проектних рішень.

Література

1. Оборудование для переработки сыпучих материалов: учебное пособие / В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин. - М. : «Машиностроение-1», 2006. - 208 с.
2. Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / В.Ю. Щербина, А.О. Чемерис; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 38 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>
3. Конструкторське проектування обладнання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / В.Ю. Щербина; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 83 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25669>
4. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / В.Ю. Щербина, О.С. Сахаров, О.В. Гондях, В.І. Сівецький. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156с. <https://cpism.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731>

ДОДАТОК Д

Патент на корисну модель

МПК (2019.01) B02C 17/00

МЛИН САМОПОДРІБНЕННЯ

Корисна модель відноситься до млинів самоподрібнення і може бути використана в різних галузях промисловості для тонкого подрібнення матеріалів при підготовці рудних матеріалів до збагачення. Млини самоподрібнення використовують в хімічній, будівельній, гірничорудній та інших споріднених галузях.

Відомий барабанний млин, що містить обертовий барабан, камеру помелу, концентрично встановлену співвісно з барабаном кільцеву камеру подрібненого матеріалу з перфорованою стінкою та гвинтовий конвеєр, нерухомо закріплений в камері та призначений для транспортування матеріалу в класифікуючий розвантажувальний пристрій. [Патент Росії RU № 2498856, «Шаровая барабанная мельница с классифицирующим разгрузочным устройством», МПК B02C 17/06, опубл. 20.11.2013].

Недоліком відомого млина є те, що конструкція кільцевої камери з подрібненим матеріалом не забезпечує переміщення отриманої дрібної фракції до розвантажувального пристрою.

Найближчим за технічною сутністю до пропонованого технічного рішення є трубний млин, в якому обичайка з перфорованими стінками кільцевої камери з подрібненим матеріалом виконана у вигляді усіченої обичайки конусної форми, а число заходів і висота профілю гвинта конвеєра збільшуються в напрямку камери тонкого помелу [Патент Росії пат. RU № 57147, «Трубная мельница», МПК B02C 17/06, опубл. 10.10.2006].

В зазначеному технічному рішенні кільцева камера та гвинтовий конвеєр забезпечує транспортування матеріалу.

Недоліком відомого технічного рішення є те, що:

– конічна форма робочої камери помелу забезпечує переміщення матеріалу тільки на початку камери, що призводить до зниження ефективності процесу подрібнення в кінці камери;

– укіс обичайки з перфорованими стінками в кільцевій камері сприяє ефективному проходженню подрібненого матеріалу, який знаходиться тільки у верхній частині камери барабану млина, що призводить до зниження ефективності кільцевої камери при транспортуванні подрібненого матеріалу до класифікуючого розвантажувального пристрою.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення конструкції млина в якому його нове конструктивне виконання забезпечить та підвищить ефективність роботи млина.

Новим є те, що внутрішні поверхні стінок кільцевої камери виконані зі скосом в напрямку руху подрібненого матеріалу, а її зовнішня стінка обернена до камери помелу і виконана співвісно з віссю млина.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленням:

на фіг зображено принципову схему млина самоподрібнення:

Млин самоподрібнення складається з підшипників (на фіг. не показані), двох торцевих кришок 1, 2, камери 3 помелу, кільцевої камери 4 подрібненого матеріалу, корпус барабану 5 та класифікуючого розвантажувального пристрою 6. Кільцева камера 4 подрібненого матеріалу складається з гвинтового конвеєру 7, внутрішньої перфорованої стінки 8 та зовнішньої стінки кільцевої камери 9, що кріпиться до корпусу барабану 5.

Млин самоподрібнення працює наступним чином:

Млин самоподрібнення приводиться в обертання приводом (на фіг. не показаний). Призначений для помелу матеріал, надходить в камеру 3 помелу де піддається подрібненню. В результаті руйнування крупних частинок, утворюється робоча фракція, розмір частинок якої менше ширини або діаметра отворів внутрішньої перфорованої стінки 8. Вказані частинки проходять через отвори в кільцеву камеру 4 подрібненого матеріалу, захоплюються гвинтовим конвеєром 7 і транспортуються в класифікуючий розвантажувальний пристрій 6. В залежності від положення, яке займає подрібнений матеріал в камері 4, відносно вісі

симетрії млина, відбувається інтенсивне переміщення по внутрішній перфорованій стінці 8 або зовнішній стінці 9 так як внутрішні поверхні стінок камери виконані зі скосом в напрямку руху подрібненого матеріалу.

Частинки більшого розміру, що не потрапили в камеру 4 подрібненого матеріалу залишаються в камері 3 помелу і подрібнюються додатково. Перфорована сітка 8, зі сторони камери 3 помелу, встановлена співвісно з віссю млина, за рахунок чого подрібнення матеріалу відбувається рівномірно по всій довжині камери. У результаті досягається максимальна ефективність процесу подрібнення, що підвищує продуктивність млина в цілому.

Заявлене технічне рішення забезпечує та підвищить продуктивність транспортування матеріалу до класифікуючого розвантажувального пристрою.

Заявник:

Національний технічний університет України

Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського